



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②① Aktenzeichen: P 39 36 246.9  
②② Anmeldetag: 31. 10. 89  
②③ Offenlegungstag: 3. 5. 90

DE 3936246 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①

31.10.88 JP 63-275648 31.10.88 JP 63-275649  
31.10.88 JP 63-275650 31.10.88 JP 63-275652

⑦① Anmelder:

Mitsubishi Jidosya Kogyo K.K.; Mitsubishi Jidosha  
Engineering K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Popp, E., Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol.;  
Sajda, W., Dipl.-Phys.; Reinländer, C., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing.Dr.phil.nat.,  
8000 München; Bolte, E., Dipl.-Ing.; Möller, F.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 2800 Bremen

⑦② Erfinder:

Nishimori, Masayoshi, Okazaki, Aichi, JP; Yoshida,  
Hiroshi, Toyokawa, Aichi, JP; Tani, Masanori;  
Tanaka, Tadao; Fujii, Hiroshi; Masuda, Hiroyuki,  
Okazaki, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge

Eine Vierradlenkvorrichtung für ein Fahrzeug weist ein hydraulisches Betätigungsorgan (90) zum Lenken der Hinterräder (82a, 82b) sowie eine erste und eine zweite Ölpumpe (105, 131) auf. Zwischen die erste Ölpumpe und das Betätigungsorgan ist ein Steuerventil (98) zur phasengleichen Lenkung geschaltet, welches in Abhängigkeit vom Einschlagzustand der Vorderräder einen ersten Flüssigkeitsausgangsdruck zum Lenken der Hinterräder in gleicher Phase wie die Vorderräder abgibt. Zwischen die zweite Ölpumpe und das Betätigungsorgan ist ein Steuerventil (100) zur gegenphasigen Lenkung geschaltet, welches entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeit, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert, einen zweiten Flüssigkeitsausgangsdruck zum Lenken der Hinterräder entgegengesetzt zur Einschlagrichtung der Vorderräder abgibt. Das hydraulische Betätigungsorgan kombiniert den ersten Flüssigkeitsausgangsdruck mit dem zweiten, wobei beide Drücke von den jeweiligen Steuerventilen kommen, und lenkt damit die Hinterräder unter Berücksichtigung der Differenz zwischen den Flüssigkeitsausgangsdrücken.

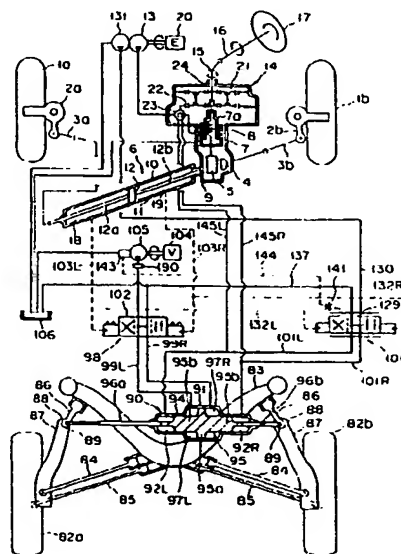


FIG 1

DE 3936246 A1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern, welche eine hydraulische Betätigungseinrichtung zum Lenken der Hinterräder sowie eine Lenksteuer-  
einrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zur Betätigung der hydraulischen Betätigungseinrichtung dahingehend aufweist, daß die Lenkung der Hinterräder in gleicher Richtung wie bei den Vorderrädern oder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung erfolgt.

In den letzten Jahren wurden Vierrad- bzw. Allradlenksysteme allgemein beliebt. Bei einem solchen Lenksystem werden bei mittlerer und hoher Fahrgeschwindigkeit die Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern gelenkt, wodurch die Hinterräder zur definitiven Erzeugung einer Kurvenfahrkraft veranlaßt werden, wodurch sich bei der Kurvendurchfahrt für das Fahrzeug die Fahrstabilität verbessert.

Bei der vorbeschriebenen phasengleichen Lenksteuerung kommt es jedoch zu einer Verzögerung in der Gierungsreaktion bei Beginn der Fahrzeugdrehung, was zur Untersteuerung führt. Zur Lösung dieses Problems sind, wie in den japanischen Offenlegungsschriften Nr. 59-1 86 773 und 62-1 91 272 beschrieben, Vierradlenkungen bekannt, bei denen die Hinterräder zeitweilig in der Anfangsphase der Fahrzeugdrehung entgegengesetzt zu den Vorderrädern eingeschlagen werden, wodurch ein gutes Gierungsverhalten des Fahrzeugs gewährleistet werden soll, worauf die Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern eingeschlagen werden, was die Stabilität während der Kurvenfahrt des Fahrzeugs sicherstellt. Bei jeder dieser bekannten Vierradlenkungen wird ein Hinterrad-Lenkmechanismus entsprechend einem Ausgangssignal von einer einzigen Lenksteuerereinrichtung gesteuert. Die Hinterräder werden während bei beginnendem Radeinschlag kurzzeitig entgegengesetzt zu den Vorderrädern gelenkt, worauf die Einschlagsrichtung umgekehrt wird, um die Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern einzuschlagen.

Erfolgt, wie bei den herkömmlichen Vorrichtungen, die vorgenannte Umkehrung der Einschlagsrichtung durch eine einzige Lenksteuerung, so wird die Steuerung in unerwünschter Weise kompliziert, während sich Schwierigkeiten ergeben, wenn ein gutes Ansprechverhalten zum Zeitpunkt der Einschlagsumkehr gewährleistet werden soll.

Die herkömmliche Vierradlenkung, die in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 59-1 86 773 beschrieben wird, ist so ausgelegt, daß eine Phasenumkehr der Hinterräder erfolgt, wenn eine vorgegebene Zeit ab Beginn des Radeinschlags abgelaufen ist. Diese vorgegebene Zeit so einzustellen, daß die Anforderungen hinsichtlich des Wendeverhaltens des Fahrzeugs und im Zusammenhang mit der Konvergenz der Steuerung erfüllt werden, ist jedoch nicht einfach.

Die herkömmliche Vierradlenkung, die in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 62-1 91 272 beschrieben wird, erfaßt das Vorliegen eines Wendemanövers und die Konvergenz beim Einschlagen der Räder, worauf dann die Phasenumkehr bei den Hinterrädern ausgelöst wird. Stellt sich allerdings das Lenkrad wieder zurück, so kehrt sich auch die Einschlagsrichtung der Hinterräder wieder um, wodurch sich das Fahrzeugverhalten abrupt verändert. Aus diesem Grunde ist kein gutes Lenkgefühl mehr gegeben, während sich die Fahrzeug-

insassen unter Umständen unbehaglich fühlen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Vierradlenkvorrichtung für ein Fahrzeug zu schaffen, mit der sich bei einer einfachen Steuerung ein gutes Ansprechverhalten und eine angemessene Phasenumkehrsteuerung der Hinterräder erzielen lassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Vierradlenkvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Lenksteuerereinrichtung eine phasengleiche Lenksteuerereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zum Lenken der Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder entsprechend dem jeweiligen Einschlagzustand der Vorderräder aufweist, sowie

15 eine parallel zur phasengleichen Lenksteuerereinrichtung vorhandene gegenphasige Lenksteuerereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zum Lenken der Hinterräder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeit, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert, und daß die hydraulische Betätigungseinrichtung so aufgebaut ist,

25 daß die hydraulischen Ausgangsdrücke zusammen die phasengleiche und gegenphasige Lenksteuerereinrichtung bilden und die Lenkung der Hinterräder entsprechend dem kombinierten Ausgangsdruck bewirken.

Damit läßt sich die erfindungsgemäße Aufgabe dadurch lösen, daß die Vierradlenkung eine phasengleiche Lenksteuerung und eine hinter dieser angeordnete gegenphasige Lenksteuerung aufweist. Die Vierradlenkung weist dabei auch eine phasengleiche Lenksteuerung zum Erzeugen eines Flüssigkeitsausgangssignals auf, unter dessen Druck je nach dem Einschlagzustand der Vorderräder die Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder eingeschlagen werden, während daneben eine gegenphasige Lenksteuerung parallel zur phasengleichen Lenksteuerung angeordnet ist, welche ein Flüssigkeitsausgangssignal erzeugt, unter dessen Druck entsprechend der Geschwindigkeit, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert, die Hinterräder entgegengesetzt zu den Vorderrädern eingeschlagen werden, während ein hydraulisches Betätigungsorgan die hydraulischen Ausgangsdrücke der phasengleichen und der gegenphasigen Lenksteuerereinrichtung zur Lenkung der Hinterräder zusammenfaßt.

Erfindungsgemäß sind die phasengleiche Lenksteuerereinrichtung und die gegenphasige Lenksteuerereinrichtung hintereinander angeordnet, während die Hydrauliksignale, die diese Einrichtungen abgeben, so miteinander kombiniert werden, daß der Einschlagwinkel für die Hinterräder festgelegt wird. Damit wird die Einschlagrichtung der Hinterräder durch die Hydraulik-Ausgangsbedingungen dieser Einrichtungen bestimmt. Aus diesem Grund ist zur Vereinfachung der Steuerung ein Phasenumkehrsignal zur Umkehr der Einschlagrichtung der Hinterräder nicht erforderlich, während sich gleichzeitig ein reibungsloser Betrieb mit gutem Ansprechverhalten erzielen läßt.

Da die phasengleiche Lenksteuerereinrichtung und die gegenphasige Lenksteuerereinrichtung hintereinandergeschaltet sind, ist eine Vierradlenkung, mit der sich eine Phasenumkehrsteuerung der Hinterräder vornehmen läßt, relativ einfach kostengünstig realisierbar, indem eine herkömmliche Vierradlenkung mit phasengleichem Radeinschlag verwendet wird.

Darüberhinaus dient die phasengleiche Lenksteuerereinrichtung der Steuerung unter Berücksichtigung des

jeweiligen Einschlagzustands der Vorderräder, während bei der gegenphasigen Lenksteinereinrichtung die Steuerung unter Berücksichtigung der jeweiligen Geschwindigkeit erfolgt, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert. Deshalb wirkt während der Anfangsphase der Fahrzeugwende und noch vor dem Hydraulik-Ausgangssignal der phasengleichen Lenksteinereinrichtung schon das Hydraulik-Ausgangssignal der gegenphasigen Lenksteinereinrichtung wirksam auf die Betätigungseinrichtung ein, während sich die Hinterräder zeitweilig entgegengesetzt zu den Vorderrädern einschlagen lassen. Danach nimmt während der normalen Kurvenfahrt des Fahrzeugs das Hydraulik-Ausgangssignal der gegenphasigen Lenksteinereinrichtung ab, da die Geschwindigkeit ebenfalls abnimmt, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert. Gleichzeitig erzeugt die phasengleiche Lenksteinereinrichtung ein Hydraulik-Ausgangssignal, das dem Einschlagzustand der Vorderräder entspricht. Auf diese Weise werden die Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern gelenkt, wodurch eine gute Wendestabilität des Fahrzeugs gewährleistet ist.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die gegenphasige Lenksteinereinrichtung so aufgebaut, daß ihr Hydraulik-Ausgangssignal entsprechend der Geschwindigkeit, mit der sich der von einer Servolenkung der Vorderräder erzeugte Flüssigkeitsdruck verändert, erhöht wird, während die phasengleiche Lenksteinereinrichtung so aufgebaut ist, daß ihr Hydraulik-Ausgangssignal entsprechend dem von der Servolenkung der Vorderräder erzeugten Flüssigkeitsdruck erhöht wird. Auf diese Weise läßt sich neben einer Verbesserung der Betriebssicherheit und Lebensdauer der Vorrichtung eine Hinterradlenkung ohne elektronische Steuer- und Regelelemente erreichen.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die phasengleiche und die gegenphasige Lenksteinereinrichtung so angeordnet, daß sich das Verhältnis des Hydraulik-Ausgangssignals der phasengleichen Lenksteinereinrichtung zu dem entsprechenden Signal der gegenphasigen Lenksteinereinrichtung proportional zum Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit erhöht. Aus diesem Grund wird bei zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit der Betrag des Lenkeinschlags der Hinterräder in entgegengesetzter Richtung während der Anfangsphase der Wendebewegung des Fahrzeugs verringert, wodurch man ein entsprechend günstiges Lenkverhalten in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit erreicht.

Bei einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist weiterhin ein Voreil-Lenkmechanismus zur Vergrößerung des Einschlagwinkels der Vorderräder vorgesehen. Der Voreil-Lenkmechanismus wird so angesteuert, daß er den Einschlagwinkel der Vorderräder in Abhängigkeit vom Hydraulik-Ausgangssignal der gegenphasigen Lenksteuerung vergrößert. Auf diese Weise läßt sich das Verhalten in der Gierungsreaktion noch weiter verbessern, ohne daß darunter die Stabilität des Fahrzeugs leidet. Daneben werden die Voreillenkung und die zeitweilige gegenläufige Lenkung der Hinterräder gemeinsam gesteuert. Auf diese Weise läßt sich unter Verbesserung der Betriebssicherheit die Steuerung für die Vorder- und Hinterräder ohne Schwierigkeiten konstant so im Gleichgewicht halten, daß sich ein noch besseres Verhalten in der Gierungsreaktion ergibt.

Nachstehend wird nun die Erfindung anhand einiger Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeich-

nung näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung der Gesamtanordnung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vierradlenkvorrichtung;

Fig. 2 eine Schnittansicht mit der Darstellung des Steuerventils für die phasengleiche Lenkung;

Fig. 3 eine Schnittansicht mit der Darstellung des Steuerventils für die gegenphasige Lenkung;

Fig. 4 eine schematische Ansicht des Steuerventils für die gegenphasige Lenkung;

Fig. 5 eine teilweise aufgebrochene perspektivische Ansicht eines Voreil-Mechanismus;

Fig. 6 eine Schnittansicht der Bauteile um zwei Planetengetriebe;

Fig. 7 eine Schnittansicht, die den Aufbau eines Steuerventils im Voreil-Mechanismus zeigt;

Fig. 8 eine graphische Darstellung der Charakteristik einer vom Motor angetriebenen Ölpumpe mit konstanter Durchflußleistung;

Fig. 9 eine graphische Darstellung der Charakteristik eines Vorsteuerdrucks, den ein auf die Fahrzeuggeschwindigkeit ansprechender Druckgenerator erzeugt;

Fig. 10 eine graphische Darstellung der Voreilsteuerung;

Fig. 11 eine graphische Darstellung der Phasensteuerung;

Fig. 12 eine graphische Darstellung einer kombinierten Kraft bei der Phasensteuerung;

Fig. 13 ein Blockschaltbild einer Steuerungsform zwischen der Voreilsteuerung und der Phasensteuerung;

Fig. 14 eine graphische Darstellung eines Zustands, in dem bei Einschlagwinkeln im Uhrzeigersinn und entgegen dem Uhrzeigersinn eine Voreilsteuerung und eine Phasensteuerung erfolgt;

Fig. 15 eine Ansicht der Anordnung des Hauptteils eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 16 eine graphische Darstellung der Charakteristik an einem Einlaß eines Durchflußreglers;

Fig. 17 eine graphische Darstellung der Charakteristik an einem Auslaß des Durchflußreglers;

Fig. 18 eine Ansicht des Hauptteils eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 19 eine Schnittansicht eines Druckrückmelde-Servoventils;

Fig. 20 eine graphische Darstellung der Charakteristik des Druckrückmelde-Servoventils;

Fig. 21 eine Ansicht des Hauptteils bei einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 22 eine Schnittansicht mit der Darstellung des Aufbaus eines Einschlagsensors;

Fig. 23 eine Schnittansicht mit der Darstellung des Einschlagsensors entlang der Linie XXIII-XXIII in Fig. 22;

Fig. 24 eine Ansicht des Hauptteils bei einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 25 eine graphische Darstellung der Charakteristik eines Flüssigkeitsdrucks, mit dem ein Phasensteuerventil beaufschlagt wird;

Fig. 26 eine Ansicht eines Hauptteils bei einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 27 eine Ansicht eines Hauptteils bei einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines ersten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, das in Fig. 1 bis 14 dargestellt ist.

In Fig. 1 ist ein Vierradlenkssystem für ein Fahrzeug dargestellt. Die Bezugszeichen 1a und 1b geben das linke und das rechte Vorderrad an. Die Vorderräder 1a

und 1b sind drehbar auf Achsschenkeln 2a bzw. 2b gelagert, die ihrerseits so an der Fahrzeugkarosserie (in nicht näher gezeigter Weise) gelagert sind, daß sie gegenüber der Horizontalen schwingfähig sind. Die Achsschenkel 2a und 2b sind mit einem Servozylinder 10 einer Servolenkung 6 über Spurstangen 3a und 3b verbunden. Der Servozylinder 10 umfaßt einen Arbeitszylinder 11, einen Kolben 12 zur Unterteilung des Innenraums des Arbeitszylinders 11 in eine linke und eine rechte Druckkammer 18 und 19, sowie Kolbenstangen 12a und 12b, die von beiden Enden des Arbeitszylinders 11 auf der Außenseite vorstehen. Die Spurstangen 3a und 3b sind jeweils mit den Kolbenstangen 12a und 12b verbunden. Die Kolbenstange 12b weist eine Zahnstange 4 auf, die mit einem Ritzel 5 in Eingriff steht, das sich im Lenkungsgetriebe 9 befindet.

Mit einer Ventileingangsspindel 7a eines Umlaufventils 7, das mit dem Ritzel 5 des Lenkgetriebes 9 verbunden ist, ist ein Lenkrad 17 verbunden, das außerdem mit einem Drehstab 8 über einen Voreil-Mechanismus (der im weiteren noch beschrieben wird), ein Zwischengelenk 15 und eine Lenkspindel 16 verbunden ist. Das Umlaufventil 7 ist mit einer Ölpumpe 13, einem Sammeltank 106 und dem Servozylinder 10 über eine Rohrleitung verbunden. Das Umlaufventil 7 steuert den Druck, der dem Servozylinder 10 zugeführt wird. Bei Betätigung des Lenkrads 17 bewegt sich die Zahnstange 4 in der gleichen Richtung, in der das Lenkrad 17 über den Drehstab 8 eingeschlagen wird. Gleichzeitig wird der linken und der rechten Druckkammer 18 und 19 auf beiden Seiten des Kolbens 12 über das Umlaufventil 7 ein Flüssigkeitsdruck zugeführt, der dem Betrag der Drehbewegung des Drehstabs 8 entspricht, wodurch die Lenkkraft des Lenkrads 17 unterstützt wird. Die Ölpumpe 13 für die Servolenkung 6 wird über einen Motor 20 betrieben. Die Charakteristik der Ölpumpe 13 ist so gehalten, daß die Förderleistung bei steigender Motordrehzahl abnimmt, nachdem die Drehzahl des Motors 20 einen vorgegebenen Wert überschritten hat.

Nachstehend wird nun der Voreil-Mechanismus 14 näher beschrieben. Wie aus Fig. 5 bis 7 ersichtlich ist, weist der Voreilmechanismus 14 zwei Planetengetriebe 21 und 22 sowie ein Steuerventil 23 auf.

Im einzelnen umfaßt der Mechanismus 14 ein Gehäuse 37 auf einem oberen Endabschnitt des Gehäuses 9a des Lenkgetriebes 9, sowie eine Schraubkappe 37a zum Verschließen einer oben auf dem Gehäuse 37 befindlichen Öffnung. Das Gehäuse 37 und die Kappe 37a sind mittels Schrauben 35, die durch das Gehäuse 37 geführt sind, und mit Muttern 36 am Gehäuse 9a befestigt, welche über ein Gewinde mit den Schraubenenden in Eingriff stehen; auf diese Weise entsteht ein Körper für den Voreilmechanismus 14. In einem Lager 24a ist eine Antriebswelle 24 drehbar so gelagert, daß sie coaxial zur Ventileingangsspindel 7a in einem oberen Abschnitt im Inneren des Gehäuses 37 verläuft.

Integral auf der Umfangsfläche des unteren Abschnitts der Antriebswelle 24 ist ein Sonnenrad 25 angebracht. Um das Sonnenrad 25 ist ein Hohlrad 26 angeordnet, das vom Gehäuse 37 abgestützt wird. Vier Planetenräder 27 befinden sich zwischen dem Hohlrad 26 und dem Sonnenrad 25, das auf gleicher Ebene liegt und in Eingriff mit den Getriebeteilen 26 und 25 steht, wodurch ein Planetengetriebe 21 der ersten Stufe entsteht. Der obere Endabschnitt der Antriebswelle 24 erstreckt sich von der oberen Öffnung im Gehäuse 9a aus nach oben und ist mit dem Zwischengelenk 15 verbunden. Ein weiteres Sonnenrad 28 mit den gleichen Merkmalen wie

das Planetengetriebe der ersten Stufe ist auf der Umfangsfläche des unteren Endabschnitts der Antriebswelle 24 im Inneren des Gehäuses 37 angeordnet. Ein zweites Hohlrad 29, das in seinen Merkmalen dem Hohlrad 26 des ersten Planetengetriebestufe entspricht, ist um das Sonnenrad 28 im Inneren des Gehäuses 37 angeordnet. Zwischen dem Hohlrad 29 und dem Sonnenrad 28 der zweiten Getriebebestufe sind vier drehbare Planetenräder 31 angeordnet. Diese Planetenräder 31 sind coaxial mit den Planetenrädern 27 der ersten Getriebebestufe über Wellen 30 gekoppelt und kämmen mit dem Hohlrad 29 und dem Sonnenrad 28 der zweiten Getriebebestufe, wodurch das Planetengetriebe 22 der zweiten Stufe entsteht. Die Planetenräder 27 und 31 sind so auf einer ringförmigen Halterung 32 gelagert, daß sie entlang des Umfangs um die Mitte der Antriebswelle 24 bewegt werden können, während auf beiden Enden jeder der Wellen 30 Halterungen 33 zur Einstellung und Nachstellung des Getriebes vorgesehen sind.

Auf der Kappe 37a ist ein Einstellteil 38 angeordnet, das die vertikale Bewegung des Lagers 24a so reguliert, daß sich die Planetengetriebe 21 und 22 in ihrer vorgegebenen Lage befinden. Das Bezugszeichen 39 gibt ein Dichtungsteil an, das Bezugszeichen 40 eine Sicherungsmutter für das Einstellteil 38, und das Bezugszeichen 41 bezeichnet ein Distanzstück zur Einstellung der vertikalen Bewegung der Hohlräder 26 und 29.

Der distale Endabschnitt der Antriebspindel 7a ist in eine Ausnehmung 43 auf einer Fläche am unteren Ende der Antriebswelle 24 eingesetzt. Der Drehstab 8 ist in die Hohlspindel 7a eingesetzt, während das obere Ende des Drehstabs 8 mit dem oberen Ende der Spindel 7a über einen Stift 44 verbunden ist. Wird nun das Lenkrad 17 gedreht, während die Hohlräder 26 und 29 fest in ihrer Lage gehalten werden, so läßt sich der Einschlagwinkel des Lenkrads 17 auf das Umlaufventil 7 und den Drehstab 8 über die beiden Planetengetriebe 21 und 22 der ersten und der zweiten Stufe bei gleichem Übersetzungsverhältnis übertragen. Beachtet werden sollte hier, daß zwischen der Ausnehmung 43 und dem oberen Endabschnitt der Ventilantriebsspindel 7a eine Metallhülse 45 eingesetzt ist, die Geräuschbildung und Störungen auf dem Umfang verhindern soll.

Im Planetengetriebe 21 der ersten Stufe ist eine Sicherheitsvorrichtung 46 angeordnet, die die Übertragung eines das normale Maß überschreitenden Drehmoments vom Lenkrad 17 auf das Getriebe 21 verhindert. Im einzelnen weist die Sicherheitsvorrichtung 46 eine Ausnehmung 47 auf der äußeren Umfangsfläche des Hohlrads 26, ein in die Ausnehmung 47 eingepaßtes Stiftteil 48 am Gehäuse 37 sowie eine Einstellschraubvorrichtung auf, die aus einer Feder 49 zum Vorspannen des Stiftteils 48 in die Einpaßrichtung und aus einem Paßteil 50 besteht. Die Sicherheitseinrichtung 46 ist so aufgebaut, daß mit ihrer Hilfe die Drehbewegung des Hohlrads 26 mittels der Ausnehmung 47 und des Stiftteils 48 reguliert werden kann. Wird vom Lenkrad 17 auf das Hohlrad 26 eine Lenkkraft übertragen, die einen vorgegebenen Wert übersteigt, so wird die vorbeschriebene Passung gelöst und damit kann sich das Hohlrad 26 drehen, wodurch die Übertragung eines zu starken Drehmoments auf die Planetengetriebe 21 und 22 verhindert wird. Auf dem Ende der Antriebswelle 24 und der Ventileingangsspindel 7a, die in die Welle 24 eingesetzt ist, sind Absätze ausgeformt, die als Anschlagteile fungieren; in der Zeichnung sind sie allerdings nicht dargestellt. Dreht sich das Hohlrad 26 um einen vorgegebenen Winkel, so liegen die Absätze gegeneinander an,

wodurch die Lenkkraft des Lenkrads 17 direkt von der Antriebswelle 24 auf die Ventileingangsspindel 7a übertragen wird.

Das Steuerventil 23 ist im Gehäuse 37 untergebracht, in welchem sich die Planetengetriebe 21 und 22 befinden.

Das Steuerventil 23 weist einen langgestreckten Ventilkörper 51 auf, der integral mit dem Gehäuse 37 nahe dem Hohlrad 29 ausgebildet ist und sich senkrecht zur Mittelachse des Planetengetriebes 22 erstreckt. Eine im wesentlichen zylinderförmige Ventilkammer 52 ist im Ventilkörper 51 ausgebildet und erstreckt sich senkrecht zur Achse des Hohlrads 29. Ein Hülsenkörper 53 ist in der Ventilkammer 52 angeordnet, dessen einer Endabschnitt gleitend von einem Abspernteil 54 getragen ist, welches in einen Endabschnitt der Ventilkammer 52 eingepaßt ist. Das andere Ende des Hülsenkörpers 53 wird gleitend von einem Abspernteil 56 getragen, das in den anderen Endabschnitt der Ventilkammer 52 über ein Paßstück 55 eingepaßt ist. Die einander gegenüberliegenden Endflächen des Hülsenkörpers 53 liegen Löchern 54a und 56a gegenüber, die in den Abspernteilen 54 und 56 ausgebildet sind. Im Inneren des Paßstücks 55 ist ein Federraum 55a ausgebildet, in dem eine Feder 58 liegt. Ein Ende der Feder 58 liegt gegen eine Zwischenscheibe 56b an, die gleitend auf einem dünnen Abschnitt 53a des anderen Endabschnitts des Hülsenkörpers 53 aufgepaßt ist. Das andere Ende der Feder 58 liegt gegen einen Sprengling 57 an, der am Endabschnitt des dünnen Abschnitts 53a befestigt ist. Aus diesem Grund wird der Hülsenkörper 53 durch die Feder 58 positioniert. Die Bezugszeichen 59 geben Muttern an, die ein Lösen der Abspernteile 54 und 56 und des Paßstücks 55 verhindern.

Ein scheibenförmiger Hebel 60 ist im Ventilkörper 51 angeordnet, während sich ein Spindelteil des Hülsenkörpers 53 beweglich durch den Hebel 60 erstreckt. Der Hebel 60 verläuft in einer zur Achse des Hohlrads 29 senkrechten Richtung. Das distale Ende des Hebels 60 ist auf der Seite des Hohlrads 29 gewölbt, verläuft durch eine durchgehende Öffnung 61 im Ventilkörper 51 und durch das Gehäuse 37, und steht in Eingriff mit einer Nut 62, die auf der Umfangsfläche des Hohlrads 29 ausgebildet ist. Das schmale proximale Ende des Hebels ist gewölbt und steht mit einer Nut 65 in einer Scheibe 64 in Eingriff, die auf der inneren unteren Fläche eines becherförmigen Paßstücks 63 angeordnet ist, welches zum Abdecken des Hebels 60 auf dem Ventilkörper 51 angebracht ist. Entlang der Achse des Hülsenkörpers 53 ist der Hebel 60 um sein proximales Ende verschwenkbar, welches mit der Nut 65 in der Scheibe 64 in Eingriff steht. Das Bezugszeichen 66 bezeichnet eine Mutter, die ein Lösen des Paßstücks 63 verhindert, während zwischen der Scheibe 64 und der inneren unteren Fläche des Paßstücks 63 ein Wellenring 67 eingesetzt ist.

Ein Bund 68 und eine Hülse 69 sind gleitend auf die äußere Umfangsfläche des Hülsenkörpers 53 so aufgepaßt, daß der Hebel 60 zwischen diesen beiden Teilen liegt. Die Federn 70a und 70b sind zwischen dem Bund 68 und dem Abspernteil 54 bzw. zwischen der Hülse 69 und dem Abspernteil 56 eingesetzt. Der Bund 68 und die Hülse 69 werden gegen beide Flächen des Hebels 60 durch die Vorspannkräfte bzw. elastischen Kräfte (Vorspannung) dieser Federn gespannt. Folglich sind drei Bauelemente, darunter der Hebel 60, auf der äußeren Umfangsseite des Hülsenkörpers 53 positioniert. Auf den Abschnitten auf der äußeren Umfangsfläche des Hülsenkörpers 53, die von der Hülse 69 überdeckt wer-

den, sind zwei Rundnuten ausgebildet, die zwei hintereinanderliegende Einstromkammern 71 und 72 begrenzen. Auf der inneren Umfangsfläche der Hülse 69 sind drei Rundnuten ausgebildet, die dem Begrenzungsabschnitt zwischen den Kammern 71 und 72 gegenüberliegen. Diese Rundnuten begrenzen drei Ausströmkammern 73, 74 und 75. Die Kammer 71 steht mit einer Druckaufnahmekammer 77, die als Federraum zwischen dem Bund 68 und dem Abspernteil 54 dient, über einen im Inneren des Hülsenkörpers ausgebildeten Leitungsweg 76 in Verbindung. In gleicher Weise steht die Kammer 72 über einen im Inneren des Hülsenkörpers 53 ausgebildeten Leitungsweg 78 mit einer Druckaufnahmekammer 70 in Verbindung, die als Federkammer zwischen der Hülse 69 und dem Paßstück 55 ausgebildet ist. Von den Ausströmkammern ist eine mittlere Kammer 74 mit der Förderseite der Ölpumpe 13 über eine Öffnung 80 im Ventilkörper 51 verbunden. Die übrigen Ausströmkammern 73 und 75 sind mit einer (nicht dargestellten) Einlaßöffnung des Umlaufventils 7 der Servolenkung 6 über Öffnungen 81 im Ventilkörper 51 verbunden. Damit stellt das Ventil 23 ein dynamisches Servoventil dar, das das Hohlrad 29 in vorgegebener Stellung halten und einen eingegebenen Einschlagwinkel vergrößern kann, indem es mit dem Flüssigkeitsdruck arbeitet, den die Ölpumpe 13 erzeugt. Insbesondere fließt das Öl von der Ölpumpe 13 über die Leitungswege 76 und 78 in die Druckaufnahmekammern 77 und 70. Wird die Hülse 69 durch eine vom Hohlrad 29 der zweiten Stufe übermittelte Lenkreaktionskraft in eine verlagert, so werden je nach Verlagerungsrichtung der Hülse die Kammern 71 und 72 und die Kammern 73 bis 75 entsprechend geschlossen oder geöffnet.

Aus diesem Grund strömt eine größere Ölmenge in die Druckaufnahmekammer in der Verlagerungsrichtung der Hülse 69. Gleichzeitig strömt Öl aus den übrigen Druckaufnahmekammern aus. Damit wird die verlagerte Hülse 69 in ihre vorherige Stellung zurückgeführt, wodurch auch das Hohlrad 29 wieder in seine zuvor eingenommene Position gebracht wird. Wirkt über die Löcher 54a und 56a der Abspernteile 54 und 56 eine hydraulische Kraft auf den Hülsenkörper 53 ein, um diesen zu verschieben, so kommt es zu einer relativen Verlagerung zwischen der Hülse 69 und dem Hülsenkörper 53, während auf die Hülse 69 ein Flüssigkeitsdruck einwirkt, der die Hülse 69 der Verlagerung des Hülsenkörpers 53 folgen läßt. Aus diesem Grund wird die Hülse 69 bewegt, wobei sie der Verlagerung des Hülsenkörpers 53 folgt und den Hebel 60 dreht, der eine Drehung des Hohlrads 29 bewirkt.

Nachstehend wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 1 die Lenkanlage für die Hinterräder näher erläutert. Über eine Hinterradaufhängung mit Vorspursteuerung sind mittels Doppelquerlenker ein linkes und ein rechtes Hinterrad 82a und 82b angeordnet. Die Hinterräder 82a und 82b werden drehbar von den hinteren Enden von jeweils einem Paar Spurstangen 87 abgestützt. Bei jeder Hinterradaufhängung sind auf einem Querteil 83 jeweils paarweise obere und untere seitliche Arme, die aus oberen und unteren Stangen 85 bestehen, sowie eine Vorspurstange 86 angebracht. Die Vorspurstange 86 ist mit dem vorderen Ende der Spurstange 87 über ein Zwischengelenk 88 verbunden. Die beiden Stangen 84 und 85 sind mit dem hinteren Ende der Spurstange 87 über Kugelgelenke verbunden. Das Zwischengelenk 88 weist einen Lagerzapfen 89 auf, beispielsweise einen Stift, dessen Drehachse vertikal steht. Verlagert sich das Zwischengelenk in Richtung der Breite der Fahrzeugkaros-

serie, so lassen sich die Hinterräder 82a und 82b lenken.

Das vordere Ende der Spurstangen 87 ist jeweils mit einer linken bzw. rechten Pleuelstange 96a bzw. 96b des hinteren Servozylinders 90 zur Hinterradlenkung verbunden. Der Servozylinder 90 ist auf dem Querteil 83 befestigt. Er ist zweistufig aufgebaut und weist einen Arbeitszylinder 94 mit einem dicken mittleren Zylinderinnenraum 91 und beiderseits davon je einen dünnen Zylinderraum 92R und 92L auf; im Arbeitszylinder 94 ist gleitend ein Kolben 95 angeordnet. Der Kolben 95 umfaßt einen mittleren Kolbenteil 95a, dessen Durchmesser dem Durchmesser des Zylinderinnenraums 91 entspricht, sowie Kolbenteile 95b beiderseits des Teils 95a, deren Durchmesser dem Durchmesser der Zylinderräume 92R und 92L entspricht. Die Pleuelstangen 96a und 96b erstrecken sich von den Kolbenabschnitten 95a und 95b durch den Arbeitszylinder 94. Der große Zylinderinnenraum 91 wird durch den Kolbenabschnitt 95a jeweils in einen linken und einen rechten Druckraum 97L und 97R zur Aufnahme der hydraulischen Ausgangssignale zur phasengleichen Lenkung unterteilt. Der Flüssigkeitsdruck zur gegenphasigen Lenkung wird in den Zylinderräumen 92R und 92L wirksam.

Die Querschnittsfläche jedes der Druckräume 97L und 97R ist größer als die der Zylinderräume 92L und 92R. Die Hinterräder 82a und 82b lassen sich je nach der Verschiebung des Kolbens 95 in Querrichtung der Fahrzeugkarosserie nach rechts oder links lenken. Der linke und der rechte Druckraum 97L und 97R sind beide über Ölleitungen 99L und 99R mit einem Steuerventil 98 zur phasengleichen Lenkung verbunden. Die Zylinderräume 92L und 92R sind mit einem Hilfslenkstuerventil 100 über die Ölleitungen 101L und 101R verbunden. Das Steuerventil für die phasengleiche Lenkung 98 besteht aus einem Schiebeventil der Drosselbauart, wie schematisch in Fig. 2 angedeutet ist. Das Steuerventil 98 weist ein zylindrisches Gehäuse 102 auf, in welchem ein Schiebekörper 221 mit drei Erhebungen angeordnet ist, zu dessen beiden Seiten ein Paar linker und rechter Federn 220 angeordnet ist, die den Schiebekörper 221 in die neutrale Stellung spannen. Das Gehäuse 102 weist zwei Einlässe 225L und 225R zur Aufnahme von Drucköl, Rückströmöffnungen 224L und 224R zwischen den Einlässen 225L und 225R zum Ausschleiben von Drucköl, sowie links und rechts liegende Ausströmöffnungen 226 und 227 auf, die jeweils zwischen dem Einlaß 225L und der Rückströmöffnung 224L bzw. zwischen dem Einlaß 225R und der Rückströmöffnung 224R ausgebildet sind. Die drei Erhebungen auf dem Schiebekörper 221 bewirken je nach dessen Verlagerung eine Veränderung der Strömungsanschlußverhältnisse der benachbart liegenden Öffnungen und die Größe der Verengung der Öffnungen, wodurch sie eine Druckdifferenz zwischen der linken und der rechten Ausströmöffnung 226 und 227 steuern.

Zu beiden Seiten des Schiebekörpers 221 sind zur Betätigung und Ansteuerung desselben jeweils links und rechts Vorsteuerdruckräume 228L und 228R zur Übernahme eines jeweiligen Vorsteuerdrucks ausgebildet. Die Vorsteuerdruckräume 228L und 228R stehen jeweils mit der linken und rechten Druckkammer 18 und 19 der Servolenkung 6 über Vorsteuerölleitungen 103L bzw. 103R in Verbindung. Die beiden Einstromöffnungen 225L und 225R sind mit der Förderöffnung einer Ölpumpe 105 verbunden. Wie Fig. 1 zeigt, wird die Ölpumpe 105 über ein Hohlrad eines Differentials 104 für den Antrieb der Hinterräder angetrieben; sie saugt Öl aus dem Sammel-tank 106 an und fördert je nach Fahr-

zeuggeschwindigkeit eine bestimmte Ölmenge. An der Drucköffnung der Ölpumpe 105 ist ein Entlastungsventil 190 angeordnet, so daß die Förderleistung konstant gehalten wird, wenn das Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit fährt, die eine vorgegebene Geschwindigkeit übersteigt, welche einem relativ hohen Bereich entspricht. Die Rückströmöffnungen 224L und 224R sind mit dem Sammel-tank 106 verbunden, während die linke und die rechte Ausströmöffnung 226 bzw. 227 jeweils mit dem linken bzw. rechten Druckraum 97L und 97R des hinteren Servozylinders 90 über die Ölleitungen 99L bzw. 99R verbunden ist.

Bei der vorstehend beschriebenen Anordnung des Steuerventils 98 für die phasengleiche Lenkung wird die Verschiebung (Drosselungsbetrag) des Schiebekörpers 221 durch den von der Servolenkung 6 erzeugten Flüssigkeitsdruck gesteuert, während die dem Ventil 98 zuzuführende Ölmenge sich entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit regeln läßt. Aus diesem Grund wird bei einem Anstieg des von der Servolenkung 6 erzeugten Flüssigkeitsdrucks (d.h. bei einem Anstieg der Lenkkraft) oder bei einem Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit die zwischen der linken und der rechten Ausströmöffnung 226 und 227 (also zwischen den Druckräumen 97L und 97R) entstehende Druckdifferenz immer größer. Die vom hinteren Servozylinder 90 erzeugte Kraft bei der phasengleichen Lenkung ändert sich dabei entsprechend dieser Druckdifferenz.

Fig. 3 und 4 zeigen jeweils im einzelnen den Aufbau des Hilfslenkstuerventils 100, wobei allerdings Fig. 4 das Grundkonzept im Aufbau des Steuerventils schematisch veranschaulicht. Bei dem Steuerventil 100 handelt es sich um ein Umsteuer-Schiebeventil zur Durchflußbegrenzung mit vier Öffnungen. Das Steuerventil 100 weist ein zylindrisches Gehäuse 107 und einen Schiebeventilkörper 110 auf, dessen drei Erhebungen im Inneren des Gehäuses 107 liegen. Der Schiebekörper 110 kann in axialer Richtung des Gehäuses 107 gleiten, während die Umfangsabschnitte an den beiden einander gegenüberliegenden Enden des Schiebekörpers in Lagern 111 abgestützt sind, die auf der Innenfläche des Gehäuses 107 ausgebildet sind. Ein Paar Federn 112 und 113 ist zwischen einem Ende des Schiebekörpers 110 und dem Gehäuse 107, sowie zwischen dem anderen Ende des Schiebekörpers und dem Gehäuse 107 so eingesetzt, daß der Schiebekörper 110 in seine neutrale Stellung gespannt wird. Diese Federn 112 und 113 sind jeweils in eine linke und rechte Vorsteuerdruck-Aufnahmekammer 108L und 108R außerhalb der Lager 111 des Gehäuses 107 untergebracht. Die Kammern 108L und 108R stehen über Ölleitungen 132L und 132R mit einem Punkt in Verbindung, der auf der Mitte in der Länge der Vorsteuerölleitungen 103L und 103R liegt, welche jeweils mit der linken und der rechten Druckkammer 18 bzw. 19 der Servolenkung 6 in Verbindung stehen.

Eine Innenfläche des Gehäuseabschnitts, der zwischen dem Lagerpaar 111 liegt, ist vergrößert. Eine Hülse 114, deren Außendurchmesser diesem größeren Abschnitt entspricht, ist gleitend auf einem Mittelteil des Schiebekörpers 110 aufgepaßt, der diesem größeren Abschnitt gegenüberliegt. Beide Enden der Hülse 114 werden durch ein Paar Federn 115 und 116 gespannt, die am Schiebekörper 110 so befestigt sind, daß die Hülse 114 in ihre neutrale Stellung gespannt wird. In Hohlräumen, die durch die beiden Enden der Hülse 114 und das Lagerpaar 111 begrenzt werden, sind die Federn 115 und 116 untergebracht; diese Hohlräume dienen als Druckaufnahmekammern 117 und 118.



Durch Rundnuten zwischen den beiden benachbarten Erhebungen des Schiebekörpers 110 werden zwei hintereinanderliegende Kammern 119 und 120 begrenzt, die auf dem Abschnitt auf der Außenumfangsfläche der Schiebekörpers 110 ausgebildet sind, der von der Hülse 114 überdeckt wird. Drei durch Rundnuten begrenzte Kammern 121 bis 123 werden auf der Innenfläche der Hülse 114 an den Stellen begrenzt, die den Begrenzungsabschnitten der Kammern 119 und 120 gegenüberliegen, d.h. an den Stellen gegenüber den Erhebungen auf dem Schiebekörper 110. Die Kammern 119 und 120 stehen jeweils über Leitungen 124 bzw. 125, die jeweils in der Hülse 114 und im Gehäuse 107 ausgebildet sind, mit der linken bzw. rechten Ausströmöffnung 126 bzw. 127 in Verbindung, die beide in der Außenfläche des Gehäuses 107 ausgebohrt sind. Die Ausströmöffnungen 126 und 127 sind mit den Zylinderräumen 97L und 92R des hinteren Servozyinders 90 über die Ölleitungen 101L bzw. 101R verbunden. Die Kammer 122 steht über eine Leitung 128 mit einer Einströmöffnung 129 im Gehäuse 107 in Verbindung, während die Einströmöffnung 129 über eine Ölleitung 130 mit der Drucköffnung einer Ölpumpe 131 verbunden ist, wobei es sich bei dieser Ölpumpe um einen Pumpentyp mit konstanter Förderleistung handelt, die zusammen mit der Ölpumpe 13 vom Motor 20 angetrieben wird. Die Ölpumpe 131 weist die in Fig. 8 dargestellte Förderleistungscharakteristik auf und versorgt die Öffnung 129 mit Drucköl bei gleichbleibender Strömungsleistung.

Die übrigen Räume 121 und 123 stehen über Leitungsräume 133 und 134 in der Hülse 114 bzw. im Gehäuse 107 mit Rückströmöffnungen 135 und 136 in Verbindung, die in der Außenfläche des Gehäuses ausgebildet sind. Die Rückströmöffnungen 135 und 136 sind mit dem Sammelntank 106 parallel zueinander über Ölleitungen 137 verbunden. Die Ölleitungen 137 sind über Ölleitungen 138 bzw. 139 parallel zu den Druckaufnahmekammern 117 und 118 angelegt, die beiderseits der Hülse 114 begrenzt sind. In die Ölleitungen 138 und 139 sind jeweils Rückschlagventile 140L und 140R geschaltet, um den Ölfluß zum Sammelntank 106 zu regeln.

Ein Ende einer Verbindungsleitung 142 zur Erzeugung einer Druckdifferenz ist mit einem Verbindungsteil zwischen dem Rückschlagventil 140L und der Druckaufnahmekammer 117 verbunden, während ihr anderes Ende mit einem Verbindungsabschnitt zwischen dem Rückschlagventil 140R und der Druckaufnahmekammer 118 in Verbindung steht. Die Verbindungsleitung 142 besitzt eine veränderliche Öffnung 141 (d.h. eine verstellbare Drossel). Die veränderliche Öffnung 141 steht über eine Ölleitung 144 mit der Ölpumpe 105 in Verbindung, die durch das Differential 104 angetrieben wird. Die Drosselöffnung 141 wird durch einen Flüssigkeitsdruck angesteuert, dessen Charakteristik in Fig. 9 dargestellt ist und den die Pumpe 105 liefert; dabei verändert sich die Öffnungsweite der Drosselöffnung 141 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit. Die Drosselöffnung 141 ist so gebaut, daß sie einen Überlagerungsbereich zwischen einem veränderlichen Schiebekörper und einem Gehäuse (beide nicht abgebildet) steuert und dabei die Drosselöffnungsweite in der Verbindungsleitung 142 einstellt. Im einzelnen ist dieser veränderliche Schieber in der Verbindungsleitung 142 angeordnet und wird durch eine Feder in eine Richtung gespannt, in die der Drosselöffnungsbetrag in der Verbindungsleitung 142 ansteigt. In der Förderölleitung der Ölpumpe 105 ist außerdem eine (nicht dargestellte) Drossel angeordnet.

Die Differenz zwischen den Druckwerten auf der Anströmseite und der Abströmseite der Drossel wird an zwei einander gegenüberliegenden Enden des veränderlichen Schiebers so wirksam, daß die Öffnungsweite der Drossel 141 entsprechend einem Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit vergrößert wird.

In dem Steuerventil 100 mit dem vorstehend erläuterten Aufbau wird der Schiebekörper 110 entsprechend dem Flüssigkeitsdruck verschoben und verlagert, den die Servolenkung 6 erzeugt und der in die Vorsteuerdruckkammern 108L und 108R eingeleitet wird. Da jedoch die Druckaufnahmekammern 117 und 118 über die Drosselöffnung 141 miteinander in Verbindung stehen, kann bei hoher Verlagerungsgeschwindigkeit des Schiebekörpers 110 die Hülse 114 nicht sofort der Verschiebung des Schiebekörpers 110 folgen und wird gegenüber dieser Bewegung verzögert. Liegt zwischen dem Schiebekörper 110 und der Hülse 114 auf diese Weise eine relative Verschiebung vor, so wird der dieser relativen Verschiebung entsprechende Flüssigkeitsdruck in Form einer Druckdifferenz an die Ausströmöffnungen 126 und 127 mit Hilfe des Ventils übermittelt, das durch die Außenfläche des Schiebekörpers 110 und durch die Innenfläche der Hülse 114 gebildet wird. Mit anderen Worten steigt mit zunehmend größer werdender relativer Verschiebung zwischen Schiebekörper 110 und Hülse 114 der vom Steuerventil 110 abgegebene Flüssigkeitsdruck. Bei einem Anstieg der Veränderungsgeschwindigkeit bezüglich des Flüssigkeitsdrucks zur Servolenkung, der sich auf die Geschwindigkeit, mit der sich der Schiebekörper 110 verlagert, auswirkt, bzw. bei einer Abnahme der Geschwindigkeit zur Ansteuerung der Öffnungsweite der veränderlichen Drossel 141, die als Verlagerungswiderstand für die Hülse 114 dient, steigt der vom Ventil 110 abgegebene Flüssigkeitsdruck an.

Der vom Steuerventil 110 abgegebene Flüssigkeitsdruck wird an die Zylinderräume 92R und 92L des hinteren Servozyinders 90 übermittelt und dient als Lenkkraft zum Einschlagen der Hinterräder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung. Die veränderliche Öffnung 141 dient dabei als Differentialteil. Damit wird in dem Fall, daß keine Veränderung im Flüssigkeitsdruck für die Servolenkung vorliegt, d.h. daß während des Einschlags der Vorderräder der Einschlag des Lenkrads konstant bleibt, die Hülse 114 durch die Federn 115 und 116 in ihre neutrale Stellung bezüglich des Schiebekörpers 110 zurückgeführt. Auf diese Weise erzeugt das Ventil 100 keinen Flüssigkeitsdruck mehr. Aus diesem Grund wird der vom Steuerventil 110 erzeugte Flüssigkeitsdruck in etwa entsprechend der Lenkgeschwindigkeit des Lenkrades gesteuert.

Die Arbeitsrichtung und die Betätigungsgröße des hinteren Servozyinders 90 werden durch eine Kraft gesteuert, die aus der Lenkkraft zur phasengleichen Lenkung, die vom Lenksteuerventil 98 zur phasengleichen Lenkung an die Druckräume 97L und 97R übermittelt wird, und einer Lenkkraft zur gegenphasigen Lenkung kombiniert wird, welche vom Hilfslenksteuerventil 100 an die Zylinderräume 92L und 92R übermittelt wird. Mit anderen Worten werden die Hinterräder durch die kombinierte Kraft zweier entgegengerichteter Eingangsdrücke gelenkt.

Die Löcher 54a und 56a der Abspernteile 54 und 56 des Voreilmechanismus 14 sind über die Ölleitungen 145L und 145R mit den Mittelabschnitten der Ölleitungen 101L und 101R verbunden, die an die Ausströmöff-

nungen des Hilfslenkstellventils 100 angeschlossen sind. Der vom Stellventil 100 abgegebene Flüssigkeitsdruck wirkt auch auf den Voreilmechanismus 14 dahingehend ein, daß der Einschlagwinkel der Vorderräder größer wird. Auf diese Weise steuert das Stellventil 100 sowohl den gegenphasigen Einschlag der Hinterräder als auch den Voreil-Einschlag der Vorderräder.

Nachstehend wird nun der Funktionsablauf der Vierradlenkvorrichtung mit dem vorstehend beschriebenen Aufbau näher erläutert.

Bei Geradcausfahrt des Fahrzeugs wird das Lenkrad 17 in neutraler Stellung gehalten, so daß die Vorderräder 1a und 1b und die Hinterräder 82a und 82b geradeaus gerichtet sind.

Wird das Lenkrad 17 eingeschlagen, beispielsweise im Uhrzeigersinn, um das Fahrzeug nach rechts zu wenden (im mittleren und oberen Fahrgeschwindigkeitsbereich), werden die Hinterräder 82a und 82b entsprechend der Winkelgeschwindigkeit beim Einschlag des Lenkrads und in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit kurzzeitig gegenphasig zu den Vorderrädern eingeschlagen, während der Einschlagwinkel der Vorderräder 1a und 1b abhängig vom Einschlagwinkel des Lenkrads vergrößert wird.

Im einzelnen wird beim Einschlagen des Lenkrads 17 diese Drehbewegung über die Lenkspindel 16, das Zwischengelenk 15 und die Antriebswelle 24 auf das Sonnenrad 25 des Planetengetriebes 21 der ersten Stufe übertragen. In diesem Fall erhält das Hohlrad 26 die Betriebskraft. Da jedoch das Hohlrad 26 durch die Sicherheitseinrichtung 46 fest am Gehäuse 37 befestigt ist, wird die Drehung des Sonnenrades 25 über die Planetenräder 27 auf die Planetenräder 31 des Planetengetriebes 22 der zweiten Stufe übertragen. Zu diesem Zeitpunkt ist das Hohlrad 29 des Planetengetriebes 22 der zweiten Stufe so gespannt, daß es nach Übermittlung der Betriebskraft in Drehung versetzt wird. Auf das Hohlrad 29 wird jedoch eine Reaktionskraft bzw. Rückstellkraft ein (d.h. eine Kraft, die zu jedem Zeitpunkt die Verlagerung der Hülse 69 relativ zum Hülsenkörper 53 durch den von der Ölpumpe 13 erzeugten Flüssigkeitsdruck aufhebt), welche durch das Stellventil 23 erzeugt wird und das Hohlrad 29 immer in seine Ausgangsstellung zurückführt, und damit dreht sich das Hohlrad 29 nicht.

Aus diesem Grund wird die von den Planetenrädern 31 kommende Drehkraft auf die Ventiltriebsspindel 7a und den Drehstab 8 über das Sonnenrad 28 übertragen, weshalb die auf den Drehstab 8 übermittelte Drehbewegung auf das Ritzel 5 übertragen wird, das nun die Vorderräder 1a und 1b in einer Richtung lenkt, die der Lenkrichtung des Lenkrads 17 entspricht.

Gleichzeitig wird vom Umlaufventil 7 auf die rechte Kammer 19 des Servozyinders 10 ein Flüssigkeitsdruck übertragen, der dem Betrag der Torsionsbewegung des Drehstabs 8 (d.h. der Lenkkraft am Lenkrad 17) entspricht, wodurch das Einschlagen des Lenkrades 17 unterstützt wird. In diesem Zustand herrscht in der rechten Kammer 19 des Arbeitszylinders 11 ein hoher Druck, während der Druck in der linken Kammer 18 niedrig ist. Der in der linken und rechten Kammer 18 bzw. 19 herrschende Druck wird als Vorsteuerdruck zu dem Lenkstellventil 98 zur phasengleichen Lenkung und zu dem Hilfslenkstellventil 100 über die Ölleitungen 103L bzw. 103R übertragen.

In dem Lenkstellventil 98 zur phasengleichen Lenkung wird die Vorsteuerdruckkammer 228R mit hohem Druck beaufschlagt, während in der Vorsteuerdruck-

kammer 228L ein niedriger Druck herrscht. Der Schiebekörper 221 wird anschließend entsprechend dem Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung nach links verschoben. Aus diesem Grund beaufschlagt der entsprechend der Verschiebung des Schiebekörpers und entsprechend der von der Ölpumpe 105 zugeführten Ölmenge erzeugte Flüssigkeitsdruck die Ausströmöffnung 226 mit hohem Druck. Diese Drücke beaufschlagen die linke und die rechte Druckkammer 97L bzw. 97R des hinteren Servozyinders 90 über die Ölleitungen 99L bzw. 99R. Aus diesem Grund wird der Kolben 95 des hinteren Servozyinders 90 mit dem von der linken Druckkammer 97L kommenden Flüssigkeitsdruck beaufschlagt, bei dem die Hinterräder im Uhrzeigersinn (also phasengleich) eingeschlagen werden. Auf diese Weise verändert sich der Flüssigkeitsdruck zur phasengleichen Lenkung entsprechend der Fahrgeschwindigkeit und in Abhängigkeit von dem Flüssigkeitsdruck, den die Servolenkung erzeugt.

Im Hilfslenkstellventil 100 nimmt unter dem von der Servolenkung über die Ölleitungen 132L und 132R übermittelten Flüssigkeitsdruck der in der Vorsteuerdruckkammer 198R herrschende Druck einen hohen Wert an, während der in der Vorsteuerdruckkammer 108L herrschende Druck absinkt. Damit wird der Schiebekörper 110 entsprechend dem Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung nach links (in Fig. 3) verschoben. Die Geschwindigkeit, mit der dieser Schiebekörper 110 verlagert wird, hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung verändert. Die Hülse 114 wird jedoch durch die Federn 115 und 116 in ihre neutrale Stellung gegenüber dem Schiebekörper 110 gespannt ist, und die Druckaufnahmeräume 117 und 118 beiderseits der Hülse 114 stehen über die Drossel 141 miteinander in Verbindung. Die Drossel 141 dient als Widerstandselement gegenüber einer Veränderung des Raumvolumens der Druckaufnahmekammern 117 und 118. Dementsprechend kann die Hülse 114 einer Verlagerung des Schiebekörpers 110 nicht sofort folgen. Aus diesem Grund wird nur der Schiebekörper 110 um einen erheblichen Betrag nach links verschoben, um eine Verlagerung relativ zur Hülse 114 herbeizuführen. Die Hülse 114 folgt jedoch allmählich unter Einwirkung der Federkraft der Bewegung des Schiebekörpers 110 nach links. Die zeitweilige relative Verschiebung ist umso größer, je höher die Geschwindigkeit bei der Verschiebung des Schiebekörpers 110 ist (d.h. je höher die Geschwindigkeit ist, mit der sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung verändert) bzw. je größer die Drosselöffnungsweite der Drossel 141 ist (d.h. je höher die Fahrgeschwindigkeit ist).

In einem Zustand, bei dem es zu der relativen Verschiebung kommt, wird ein Flüssigkeitsdruck erzeugt, der hauptsächlich dieser Verschiebung entspricht, da die Ölpumpe 131 eine gleichbleibende Ölmenge zuführt. Der Ausgangsdruck des Ventils 100 ist an der Ausströmöffnung 127 hoch und an der Ausströmöffnung 126 niedrig. Der Ausgangsdruck an der Öffnung 127 und an der Öffnung 126 wird über die Ölleitungen 101R und 101L zu den Zylinderräumen 92R und 92L des hinteren Servozyinders 90 übertragen. Damit übernimmt der Kolben 95 des hinteren Servozyinders 90 den Flüssigkeitsdruck von der rechten Zylinderkammer 92R, um die Hinterräder entgegen dem Uhrzeigersinn (also gegenphasig) einzuschlagen. Dieser Flüssigkeitsdruck ist umso höher, je niedriger die Fahrgeschwindigkeit ist bzw. je höher die Geschwindigkeit ist, mit der sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung ist.



Nachstehend wird nun das Prinzip der Funktionsweise des Steuerventils 100 beschrieben. Die Verlagerung der Schiebekörpers 110 im Ansprechen auf den Flüssigkeitsdruck, der von der Servolenkung als Vorsteuerdruck ankommt, sei  $x_1$ ; dieser Verlagerung  $x_1$  werden das Produkt aus der Fläche der Stirnfläche des Schiebekörpers 110 und aus dem Vorsteuerdruck sowie die elastischen Kräfte der Federn 112 und 113 zugeordnet, so daß diese Bauelemente der folgenden Beziehung entsprechen:

$$a_1 \cdot F_1 = K_1 \cdot x_1 + f_1,$$

anders ausgedrückt:

$$x_1 = (a_1 \cdot F_1 - f_1)/K_1,$$

wobei  $a_1$  die Fläche der Stirnfläche des Schiebekörpers ist,  $K_1$  der Federkonstante jeder der Federn 112 und 113 entspricht,  $f_1$  den Vorspannwert der Feder darstellt, und  $F_1$  den Vorsteuerdruck angibt.

Die Hülse 114 wird zu einer Bewegung in gleicher Richtung wie der Schiebekörper 110 nach dessen Verlagerung gespannt. Zu diesem Zweck muß das Öl aus der Druckaufnahmekammer 117 in die Druckaufnahmekammer 118 über die Verbindungsleitung 142 fließen. Da jedoch in der Verbindungsleitung 142 die veränderliche Drossel 141 vorgesehen ist, entsteht zwischen dem Zulaufende und dem Auslaufende der Drossel 141 eine Druckdifferenz  $\Delta P$ . Diese Druckdifferenz  $\Delta P$  kann folgendermaßen definiert werden:

$$\Delta P = \delta \cdot Q_b^2 / 2 \cdot C_d \cdot d^5$$

wobei  $\delta$  der Dichte des Hydraulikmittels und  $Q_b$  der Strömungsgeschwindigkeit des durch die Drossel fließenden Öls entspricht,  $d$  die Querschnittsfläche der Drossel bezeichnet und  $C_d$  den Koeffizient der Strömungsgeschwindigkeit angibt.

Wird für diese veränderliche Öffnung bzw. Blende eine Drosselkonstruktion verwendet, so definiert sich die Druckdifferenz  $\Delta P$  folgendermaßen:

$$\Delta P = 8 \cdot \pi \cdot \mu \cdot L / d^2$$

wobei  $L$  der Länge der Blende bzw. Drossel entspricht und  $\mu$  die spezifische Viskosität des Öls bezeichnet.

Die Hülse wird relativ zum Schiebekörper 110 um den Druckdifferenzbetrag  $\Delta P$  nach rechts verlagert. In diesem Fall bestimmt sich die relative Verschiebung  $y$  der Hülse 114 folgendermaßen:

$$y = (\Delta P \cdot b_2 - f_2)/K_2$$

wobei  $b_2$  der Fläche der Stirnfläche der Hülse entspricht,  $K_2$  die Federkonstante beider Federn 115 und 116 angibt, und  $f_2$  dem Vorspannungswert der Feder entspricht.

Da von der Ölpumpe 131 über die Einstromöffnung 129 Öl mit einer vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeit zum Ventil 100 gefördert wird, liegt an den Ausströmöffnungen 126 und 127 eine Druckdifferenz an, die proportional zur relativen Verschiebung  $y$  ist. Mit anderen Worten ist die relative Verschiebung  $y$  eine Funktion von

$$y \propto \Delta P \propto Q_b \propto L \propto 1/d^2$$

und damit erhält man:

$$Q_b = b^2 \cdot (x_1 - y)/t$$

5 wobei  $t$  die Zeit angibt.

Da der Term  $(x_1 - y)$  proportional zum Vorsteuerdruck ist, nimmt abhängig von der Abnahme der Fahrzeuggeschwindigkeit der Flüssigkeitsdruck (Druckdifferenz), der an den Ausströmöffnungen 126 und 127 abgegeben wird, ab und wird proportional zu der Geschwindigkeit gesteuert, mit der sich der von der Servolenkung 6 abgegebene Flüssigkeitsdruck verändert (d.h. mit der sich die Lenkkraft am Lenkrad 17 verändert).

Dieser Flüssigkeitsdruck (Druckdifferenz) wird als hydraulische Kraft auf die Zylinderräume 92R und 92L des hinteren Servozyinders 90 zur Lenkung der Hinterräder entgegengesetzt zu den Vorderrädern übertragen. Gleichzeitig wird dieser Flüssigkeitsdruck auch auf das Absperrteil 54 des Voreilmechanismus 14 als Ausgangssignal übermittelt, um den Einschlagwinkel der Vorderräder 1a und 1b zu vergrößern.

Im hinteren Servozyylinder 90 wird mit dem Flüssigkeitsdruck, der zur Lenkung der Hinterräder im Uhrzeigersinn (phasengleiche Richtung) in die Druckkammer 97L gepumpt wird, und dem Flüssigkeitsdruck, der der Zylinderkammer 92R zum Einschlagen der Hinterräder entgegen dem Uhrzeigersinn (also in gegenphasiger Richtung) zugeführt wird, der Kolben 95 in entgegengesetzte Richtungen beaufschlagt, während die beiden Drücke kombiniert werden. Damit wird der Kolben 95 durch diesen kombinierten Druck gesteuert. Fig. 11 zeigt die Beziehung zwischen der entsprechend dem Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung erzeugten Lenkkraft zur phasengleichen Lenkung und der Lenkkraft zur gegenphasigen Lenkung, die entsprechend der Geschwindigkeit erzeugt wird, mit der sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung verändert. Durch die Kombination dieser beiden Lenkkräfte läßt sich ein Einschlagwinkel für die Hinterräder erreichen, dessen Charakteristik in Fig. 12 dargestellt ist.

Steigt der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung an, beispielsweise wenn das Lenkrad 17 aus seiner neutralen Stellung gedreht wird, so wird der Einschlagwinkel zur Lenkung der Hinterräder in phasengleicher Richtung, der bei ansteigendem Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung größer wird, entsprechend der jeweiligen Abnahme der Geschwindigkeit, mit der sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung verändert, auch entsprechend kleiner. Für die Praxis bedeutet dies, daß nach vorübergehendem Einschlagen der Hinterräder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung in der Anfangsphase der Vorderradlenkung die Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern eingeschlagen werden. Bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit nimmt die Lenkkraft zur phasengleichen Lenkung zu, während die Lenkkraft zur gegenphasigen Lenkung abnimmt. Damit läßt sich entsprechend dem Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit der Betrag, um den die Räder in der Anfangsphase des Lenkeinschlags gegensinnig zu den Vorderrädern eingeschlagen werden, verringern, während der Einschlagwinkel zur phasengleichen Lenkung größer wird. Bei niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit sinkt die Lenkkraft zur phasengleichen Lenkung ab, während die Lenkkraft zur gegenphasigen Lenkung ansteigt. In diesem Fall erhöht sich der Betrag des Lenkeinschlags zur gegenphasigen Lenkung in der Anfangsphase des Lenkvorgangs, während der Einschlagwinkel bei der phasengleichen Lenkung kleiner

wird.

Verändert sich der Servolenk-Flüssigkeitsdruck nicht, beispielsweise in dem Fall, daß das Lenkrad in unveränderter Lage gehalten wird, so erzeugt das Steuerventil 100 kein hydraulisches Ausgangssignal. Damit erhält man in diesem Fall einen Einschlagwinkel zur phasengleichen Hinterradlenkung, der dem Flüssigkeitsdruck der Servolenkung entspricht.

Nimmt der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung so weit ab, daß das Lenkrad aus der eingeschlagenen Stellung wieder in seine neutrale Stellung zurückgestellt wird, erfolgt eine Phasenumkehr im hydraulischen Ausgangssignal des Steuerventils 100. In diesem Fall wird der Einschlagwinkel der Hinterräder in phasengleicher Richtung, der bei abnehmendem Flüssigkeitsdruck der Servolenkung ebenfalls abnimmt, entsprechend der Geschwindigkeit größer, mit der sich der Flüssigkeitsdruck der Servolenkung verändert.

Der vom Hilfslenkstellventil 100 abgegebene Flüssigkeitsdruck beaufschlagt den hinteren Servozyylinder 90 in der Weise, daß der Einschlagwinkel der Hinterräder in gegenphasiger Richtung korrigiert wird, während er auch über die Ölleitungen 145L und 145R den Voreilmechanismus 14 beaufschlagt. Wirkt ein an der Ausströmöffnung 127 des Steuerventils 100 während des Einschlags des Lenkrads 17 im Uhrzeigersinn erzeugter hoher Flüssigkeitsdruck als Steuerdruck auf die Öffnung 54a des Verschlussteils 54 des Voreilmechanismus 14 über die Ölleitungen 101R und 145R ein, so gleitet der Schiebekörper 53 proportional zum Flüssigkeitsdruck nach rechts, wie durch den Pfeil in Fig. 7 angegeben ist.

Die Hülse 69 und der Bund 68 folgen der Verschiebung des Hülsenkörpers 53 unter der Rückstellwirkung des von der Ölpumpe 13 kommenden Flüssigkeitsdrucks, bis die Differenz in der relativen Lage zwischen Schiebekörper 53 und Hülse 69 bzw. Bund 68 Null wird. Nach der Bewegung der Hülse 69 und des Bundes 68 wird der Hebel 60 um das Ende der Scheibe 64 seitlich ausgeschwenkt. Damit bewirkt der Hebel 60 eine Drehung des Hohlrades 29 im Uhrzeigersinn. Die Drehung des Hohlrades 29 wird über die Planetenräder 31 auf das Sonnenrad 28 übertragen, während das Sonnenrad 28 noch über den Einschlagwinkel des Lenkrads 17 hinaus weiter gedreht wird. Aus diesem Grund ist der vom Sonnenrad 28 auf die Ventileingangsspindel 7a und den Drehstab 8 übertragene Lenkeingang größer als der Betrag des Lenkeinschlags des Lenkrads 17. Deshalb wird, wie Fig. 10 zeigt, der Winkel des Lenkeinschlags der Vorderräder 1a und 1b größer.

Dementsprechend verändert sich das äquivalente Übersetzungsverhältnis im Lenkgetriebe, während eine Voreilsteuerung zur Vergrößerung des Einschlagwinkels der Vorderräder entsprechend der Geschwindigkeit erreichbar ist, mit der sich der Flüssigkeitsdruck in der Servolenkung erhöht. Der vom Steuerventil 100 abgegebene Flüssigkeitsdruck wird nur dann erzeugt, wenn sich der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung verändert. Gemäß Fig. 10 erfolgt somit eine Voreilsteuerung, wenn das Lenkrad noch weiter eingeschlagen wird, doch wird diese Steuerung blockiert, sobald das Lenkrad unverändert in seiner jeweiligen Stellung gehalten wird. Sinkt der Flüssigkeitsdruck zur Servolenkung in der Weise ab, daß das Lenkrad aus dem eingeschlagenen Zustand wieder in seine neutrale Stellung zurückkehrt, so verändert sich der vom Steuerventil 100 abgegebene Flüssigkeitsdruck in entgegengesetzter Richtung. Dementsprechend vergrößert sich in diesem

Fall der Einschlagwinkel des Vorderrades entsprechend der Geschwindigkeit, mit der sich der Flüssigkeitsdruck in der Servolenkung verändert.

Der Grundgedanke einer Steuerung für die vorstehend beschriebene Vierradlenkung wird anhand des Schemas aus Fig. 13 erläutert. Bei dieser Steuerung läßt sich in der Anfangsphase der Kurvenfahrt des Fahrzeugs entsprechend der Geschwindigkeit, mit der sich der von der Servolenkung 6 erzeugte Flüssigkeitsdruck verändert, eine Reaktion in Form einer scharfen Wende durch gegenphasige und phasenvoreilende Steuerung erreichen. Im nächsten Augenblick, zu dem sich die Geschwindigkeit, mit der sich der Flüssigkeitsdruck in der Servolenkung verändert, soweit verringert, daß die Druckdifferenz aufgehoben wird, wird zur Stabilisierung des Fahrzeugverhaltens und damit zur Kurvenfahrt des Fahrzeugs die ursprüngliche stetige Vierradlenkung (Vorderradlenkung mit der Servolenkung 6 und phasengleiche Hinterradlenkung entsprechend dem hydraulischen Druck der Servolenkung und der Fahrzeuggeschwindigkeit) sofort wieder aufgenommen. In Fig. 13 ist mit dem Bezugsbuchstaben N das Lenkverhältnis angegeben, während  $K_1$  einem phasengleichen Koeffizienten für die Hinterräder und  $K_2$  einem Voreilkoeffizienten für die Vorderräder entspricht,  $K_3$  den gegenphasigen Koeffizienten für die Hinterräder bezeichnet, CK eine Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit ist, und PF die Geschwindigkeit bezeichnet, mit der sich der Flüssigkeitsdruck in der Servolenkung verändert.

Kehrt das Lenkrad 17 wieder in seine neutrale Stellung zurück bzw. wird es entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, wie Fig. 14 dies zeigt, so laufen die einzelnen Abläufe entgegengesetzt zum vorbeschriebenen Funktionsablauf ab. Darüberhinaus wird nach Einstellung der Vorspannwerte der Federn 115 und 116 des Steuerventils bei langsamer Drehung des Lenkrads 17 der zur gegenphasigen Steuerung und zur Voreilung abgegebene Flüssigkeitsdruck nicht erzeugt, während eine normale Vierradlenkung wieder aufgenommen wird.

Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel einer Vierradlenkvorrichtung erfolgt die phasengleiche Steuerung in Abhängigkeit von dem Flüssigkeitsdruck in der Servolenkung, der im wesentlichen der Lenkkraft entspricht, während der Einschlagwinkel bei den Hinterrädern kleiner und der Einschlagwinkel der Vorderräder größer wird, was von der Geschwindigkeit abhängt, mit der sich der Flüssigkeitsdruck der Servolenkung verändert, die ihrerseits wieder der Lenkgeschwindigkeit im wesentlichen entspricht. Aus diesem Grunde lassen sich die Anforderungen an die Reaktionen des Fahrzeugs bezüglich der Gierung und der Lenkstabilität in hohem Maße erfüllen. Daneben kann der Schlupfwinkel im Schwerpunkt während des Wendeübergangs auf nahezu Null verringert werden, wodurch sich das Lenkgefühl am Fahrzeug noch verbessert.

Des weiteren läßt sich diese Vierradlenkvorrichtung allein durch den Flüssigkeitsdruck der Hydraulik steuern, was im Sinn einer hohen Betriebssicherheit und einer sehr langen Lebensdauer Vorteile bietet.

Bei dieser Vierradlenkvorrichtung werden die Ausgangssignale des Steuerventils 98 zur phasengleichen Lenkung und des Steuerventils 100 zur gegenphasigen Lenkung so miteinander kombiniert, daß sie den Einschlagwinkel für die Hinterräder zusammen festlegen. Dementsprechend ist es nicht erforderlich, ein eigenes Ausgangssignal zur Phasenumkehr vorzusehen, mit dem die Lenksteuerung für die Hinterräder aus dem phasengleichen in den gegenphasigen Betrieb umge-

schaltet wird. Im Vergleich zu Systemen, bei denen zur Phasenumkehr der Hinterräder ein eigenes Steuerventil vorgesehen ist, läßt sich auf diese Weise die Steuerung noch weiter vereinfachen, während außerdem eine reibungslose Steuerung des Einschlagwinkels ablaufen kann.

Des weiteren beaufschlagen bei dieser Vorrichtung die Ausgangssignale zur phasengleichen Lenkung der Hinterräder 82a und 82b mit den Vorderrädern 1a und 1b und zur Lenkung der Hinterräder 82a und 82b entgegengesetzt zu den Vorderrädern 1a und 1b gleichzeitig den hinteren Servozylinder 90 in einander entgegengesetzten Richtungen, wodurch sie den Einschlagwinkel der Hinterräder gemeinsam festlegen. Damit läßt sich bei der Phasenumkehr eine feinfühlige Reaktion erreichen.

Außerdem wird die Betriebsanlage zur phasengleichen Lenkung aus einem Hydraulikkreis aufgebaut, der unabhängig von der Betriebsanlage für die gegenphasige Lenkung ist. Deshalb läßt sich eine Vierradlenkvorrichtung, bei der die Hinterräder phasengleich und gegenphasig eingeschlagen werden können, dadurch realisieren, daß die herkömmliche Vierradlenkvorrichtung zur phasengleichen Lenkung teilweise mit einbezogen wird.

Die erfindungsgemäße Vierradlenkvorrichtung ist in hohem Maße störsicher und zuverlässig im Betrieb, während sie auch in einer rückführlosen Steuerung hochzuverlässig arbeiten kann. Mit anderen Worten wird beim Auftreten eines Fehlers in der gegenphasigen Lenkeinrichtung die normale phasengleiche Vierradlenkfunktion wieder aufgenommen. Tritt in der phasengleichen Lenkeinrichtung ein Fehler auf, so werden die Hinterräder 82a und 82b auf gegenphasige Lenkung umgeschaltet. In diesem Fall besteht keinerlei Gefahr, da die Hinterräder augenblicklich mit einem kleinen Einschlagwinkel gesteuert werden (nur wenn der Einschlagwinkel des Lenkrades 17 sich verändert).

Die Erfindung ist jedoch nicht auf das vorstehend beschriebene erste Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern kann auch in einem zweiten bis siebten Ausführungsbeispiel realisiert werden, die nachstehend erläutert werden.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 15 bis 17 wird der Flüssigkeitsdruck, der sich in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit verändert, dem Hilfssteuerventil 100 ohne Zwischenschaltung der veränderlichen Blende bzw. Drossel 141 zugeführt.

Im einzelnen ist in den Hydraulikkreis des Steuerventils 100 anstelle der veränderlichen Öffnung 141 eine (nicht dargestellte) feststehende Öffnung bzw. eine unveränderliche Drossel geschaltet. Auf einer Ölpumpe 105 ist ein Durchflußregler 150 so vorgesehen, daß als Steuergröße die Durchflußmenge der Pumpe 105 in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen der Anström- und der Abströmseite einer (nicht dargestellten) Meßblende dient, die in der Pumpe 105 vorgesehen ist. Mit dem Einlaß des Reglers 150 ist eine vom Motor angetriebene Ölpumpe 131 verbunden. Der Auslaß des Reglers 150 ist mit einer Öffnung 129 des Steuerventils 100 verbunden. Der Durchflußregler 150 wird so angesteuert, daß er die von der Ölpumpe 131 mit gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit geförderte Ölmenge entsprechend dem jeweiligen Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit verringert und anschließend die verringerte Ölmenge dem Steuerventil 100 zur gegenphasigen Lenksteuerung zuführt. Fig. 16 veranschaulicht die Strömungscharakteristik am Einlaß des Reglers 150,

während Fig. 17 die Strömungscharakteristik am Auslaß des Reglers 150 zeigt.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 18 bis 20 wird anstelle des Steuerventils 100 ein Servoventil 160 mit Druckrückführung verwendet. Dieses Servoventil 160 wird durch elektrische Signale von einer Zentraleinheit 161 entsprechend der Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads 17 und der Fahrzeuggeschwindigkeit angesteuert und erzeugt dabei einen Steuerdruck (Druckdifferenz), der zur gegenphasigen Lenkung (Phasenumkehr) und zur Voreillenung erforderlich ist.

Im einzelnen umfaßt das Servoventil 160 ein direkt von einem Leistungsmotor gemäß Fig. 19 angetriebenes Servoventil. Mit anderen Worten umfaßt das Servoventil 160 einen Ventilkörper 162, in welchem ein beweglicher Ventilschieber 163 gleitend durch Federn 164 gehalten wird. Eine Antriebsstachspule 164a ist auf einer Seite des beweglichen Schiebekörpers 163 angeordnet, während in einem Hohlraum im Ventilkörper 162 ein Magnet 165 und ein Magnetjoch 166 zur Erzeugung eines konstanten Magnetfelds angeordnet sind. Liegt an der Tauchspule 165 ein Steuerstrom an, so wird entsprechend der Größe und Richtung des Stroms eine Antriebskraft erzeugt, die durch einen Rückmeldezylinder 167 für den Vorspanndruck zum Ausgleich des Arbeitsdrucks geregelt wird. Eine Hülse 168 ist um den beweglichen Schiebekörper 163 herum so angeordnet, daß ein Vierwegeventil entsteht, mit dem Druck und Strömungsgeschwindigkeit entsprechend der Verlagerung des Schiebekörpers 163 gesteuert werden können.

Eine Ölpumpe 131 mit gleichbleibender Förderleistung ist mit einer Mittelnut der Hülse 168 verbunden, während jeweils Ölleitungen 101L und 101R mit den Regelöffnungen 169 und 170 im Ventilkörper 162 verbunden sind. Nuten beiderseits der Hülsemitte stehen mit dem Sammelbehälter 106 in Verbindung.

Mit der Zentraleinheit 161 sind ein Geschwindigkeitsmesser auf der Lenkspindel 16 zur Erfassung der Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads 17 und ein Geschwindigkeitsmesser 172 zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit verbunden. Ausgangsseitig ist die Zentraleinheit 161 mit dem Servoventil 160 verbunden. Der zur Phasenumkehr und zur Phasenvoreillenung erforderliche Strom wird von der Zentraleinheit 161 in Abhängigkeit von verschiedenen Eingangssignalen geliefert, beispielsweise den Winkelgeschwindigkeitssignalen vom Sensor 171 und den Fahrzeuggeschwindigkeitssignalen vom Sensor 172, wobei die Druckdifferenz zwischen den Regelöffnungen 169 und 170 wie beim ersten Ausführungsbeispiel gesteuert wird. Fig. 20 veranschaulicht dabei die Beziehung zwischen der Druckdifferenz  $\Delta P$  und der Stromstärke  $i$ .

Ein Entlastungsventil 200 und ein Druckschalter 202 sind in einen Hydraulikkreis zwischen das Servoventil 160 und die Ölpumpe 131 geschaltet. Ein Druckschalter 201 ist am Förderteil einer Ölpumpe 105 angeordnet. Diese Bauteile sind an die Zentraleinheit 161 angeschlossen. Erfassen die Druckschalter 201 und 202 eine Druckanomalie (z.B. Hydraulikfehler in der phasengleichen Lenkung oder eine Hydraulikveränderung im Hilfslenksteuersystem), wird auf einen entsprechenden Befehl von der Zentraleinheit 161 hin ein Signal für das Entlastungsventil 200 so außer Funktion gesetzt, daß die Zufuhr von Drucköl zum Servoventil 160 unterbrochen wird, wobei die Vorrichtung auf den normalen phasengleichen Vierradlenkbetrieb umgeschaltet wird.

Bei einem vierten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 21 bis 23 ist auf der Antriebswelle 24 für einen Phasenvor-

eilmechanismus 14 ein mechanischer Lenksensor 180 zur Erfassung der Winkelgeschwindigkeit beim Lenkvorgang angeordnet, während im Sensor 180 ein entsprechendes Lenksensorventil 181 vorgesehen ist; auf diese Weise erhält man den zur Phasenumkehr und Phasenvoreilung erforderlichen Steuerdruck.

Im einzelnen weist der Lenksensor 180 eine hydraulische (Viskositäts-)Kupplung 182 auf, die auf dem Umfang der Antriebswelle 24 angebracht ist und deren Innenumfangsfläche die Antriebsseite darstellt, während ihre Außenumfangsfläche die Abtriebsseite ist, wie Fig. 22 dies zeigt. Wird das Lenkrad 17 eingeschlagen, so wird an einem Außengehäuse 187 der hydraulischen Kupplung 182 über ein Innengehäuse 184 und eine Vielzahl von Antriebs-/Abtriebsscheiben 185 und 186 (Kupplungsscheiben) entsprechend dem Viskositäts widerstand des in das Gehäuse eingefüllten Silikonöls 183 ein Drehmoment abgegeben, das der Winkelgeschwindigkeit beim Einschlagen des Lenkrads entspricht.

Aus Fig. 22 und 23 ist zu entnehmen, daß das Lenksensorventil 181 eine langgestreckte Ventilkammer 188 aufweist, die senkrecht zur Achse der hydraulischen Kupplung 182 verläuft und in dem Wandabschnitt des Gehäuses 37 des Voreilmehanismus 14 ausgebildet ist, der der hydraulischen Kupplung 182 benachbart liegt. Ein Teil des Mittelabschnitts der Ventilkammer 188 liegt gegenüber der äußeren Umfangsfläche des Außengehäuses 187 der hydraulischen Kupplung 182, während in eine Stelle auf der Außenumfangsfläche des Außengehäuses 187 ein Stift 189 eingesetzt ist. Ein Paar Kolben 190a und 191 ist gleitend in die Ventilkammer 188 so eingesetzt, daß der Stift 189 zwischen ihnen liegt. Die Kolben 190a und 191 werden durch ein Paar Federn 192 zum Stift hin gespannt. Auf den Kolben 190a und 191 sind Nuten 197 ausgebildet, die eine Verbindung zwischen einer Ölzuführöffnung 193 im Gehäuse 37 und einer Tanköffnung 194 im Gehäuse herstellen, wenn die hydraulische Kupplung 182 keine Verschiebung erfährt. Werden die Kolben 190a und 191 langsam verlagert, so sperren die Nuten die Verbindung zwischen den Öffnungen 193 und 194, während sie eine linke und eine rechte Regelöffnung 195 bzw. 196 öffnen bzw. schließen. Auf diese Weise wird an den Öffnungen 195 und 196 entsprechend der Einschlagrichtung und der Winkelgeschwindigkeit beim Lenkradeinschlag ein Steuerdruck erzeugt.

Die Ölzuführöffnung 193 ist mit einer mit gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit fördernden Ölpumpe 131 verbunden. Die Regelöffnungen 195 und 196 stehen mit den Zylinderräumen 92a und 92b eines hinteren Servozyinders 90 über Ölzuführleitungen 199 in Verbindung. Ein jeweiliger Mittelabschnitt in jeder Ölzuführleitung 199 ist mit dem Absperrteil 54 bzw. 56 des Phasenvoreilmehanismus 14 über Nebenleitungen 199a jeweils verbunden. Damit wird der entsprechend der Lenkrichtung und der Winkelgeschwindigkeit beim Lenkeinschlag erzeugte Steuerdruck als Voreildruck und Druck zur gegenphasigen Lenkung dem Voreilmehanismus 14 und dem hinteren Servozyylinder 90 zugeführt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine Ölpumpe 13 für die Servolenkung direkt mit dem Umlaufventil 7 verbunden.

Bei einem fünften Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 24 und 25 umfaßt eine Vierradlenkvorrichtung einen Puffer 210, der in Verbindung mit einem Kolben 12 der Servolenkung 6 betrieben wird, sowie ein Hilfslenksteuerventil 100, bei dem ein Ventil eingebaut ist, das genauso wie das Steuerventil zur phasengleichen Lenkung aufgebaut

ist; auf diese Weise wird ein Steuerdruck erzeugt, der der Winkelgeschwindigkeit des Lenkrads und der Fahrzeuggeschwindigkeit entspricht.

Im einzelnen steht ein Kolben 211 des Puffers 210 über eine Kolbenstange 211a mit einer Kolbenstange 12a der Servolenkung 6 in Verbindung. Beiderseits des Kolbens 211 ausgebildete Kammern 212a und 212b stehen über eine Verbindungsleitung 214 mit unveränderlicher Öffnung 213 miteinander in Verbindung. Damit wird ausgehend von den Kammern 212a und 212b des Puffers 210 eine Druckdifferenz erzeugt, die der Winkelgeschwindigkeit des Lenkrades entspricht. Die Kammern 212a und 212b sind jeweils mit Vorsteuerdruckkammern beiderseits des Schiebekörpers des Steuerventils 100 verbunden. Eine Ölpumpe 215a, die von einem Differential 104 betrieben wird, ist an die Ölpumpe 105 angeschlossen. Die Ölpumpe 215a weist eine solche Charakteristik auf, daß bei zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit die Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durchflußmenge abnimmt, wie gestrichelt in Fig. 25 eingezeichnet ist. Die Ölpumpe 215a ist über ihre Förderseite an eine Pumpöffnung des Steuerventils 100 so angeschlossen, daß dieses Steuerventil einen Flüssigkeitsdruck erzeugt, welcher der Winkelgeschwindigkeit des Lenkrades und der Fahrzeuggeschwindigkeit entspricht. Der Flüssigkeitsdruck wird an die Zylinderkammer 92L und 92R eines hinteren Servozyinders 90 übermittelt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird nur eine Ölpumpe 13 für die Servolenkung durch den Motor 20 angetrieben.

Das in Fig. 26 dargestellte sechste Ausführungsbeispiel stellt eine modifizierte Ausführung des fünften Ausführungsbeispiels dar. Hierbei wird der in den Kammern 18 und 19 einer Servolenkung 6 erzeugte Flüssigkeitsdruck den Kammern 212a und 212b eines Puffers 210 zugeleitet, wobei ein Flüssigkeitsdruck in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, mit der sich der von der Servolenkung abgegebene Flüssigkeitsdruck ändert, und von der Fahrzeuggeschwindigkeit erzeugt wird. In einer Verbindungsleitung 214 ist dabei ein Ölnachflußkreis in Form einer Ölnachflußleitung 216 angeordnet, die verhindert, daß eine Kammer, die der mit der Bewegung eines Kolbens 211 des Puffers verbundenen Kammer gegenüberliegt, mit Unterdruck beaufschlagt wird. Die Ölnachflußleitung 216 weist zwei Rückschlagventile 215 auf und steht mit einem Sammel-tank 106 in Verbindung.

Bei dem siebten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 27 handelt es sich um eine modifizierte Ausführungsform des sechsten Ausführungsbeispiels. Anstelle der unveränderlichen Öffnung 213 des Puffers 210 ist hier eine veränderliche Öffnung bzw. Blende 217 vorgesehen. Ein auf die Fahrzeuggeschwindigkeit ansprechender Druckerzeuger 218 mit gleichem Aufbau wie beim ersten Ausführungsbeispiel ist in einer Ölpumpe 105 installiert, die von einem Differential 104 angetrieben wird, beziehungsweise in einem Hydraulikkreis für diese Pumpe 105, so daß die Öffnungsweite dieser veränderlichen Drossel 217 durch den Vorsteuerdruck oder die Druckdifferenz zwischen der Anström- und der Abströmseite der feststehenden Öffnung in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit gesteuert werden kann.

Bei dem zweiten bis siebten Ausführungsbeispiel bezeichnen die gleichen Bezugszahlen wie beim ersten Ausführungsbeispiel auch die gleichen Teile, so daß auf eine ausführliche Beschreibung derselben hier verzichtet werden kann.

Auch wenn die Erfindung vorstehend anhand spezifischer Ausführungsbeispiele erläutert und dargestellt wurde, ist sie doch keinesfalls hierauf beschränkt. Es sind vielmehr im Rahmen der Erfindung, wie er in den Ansprüchen umrissen ist, zahlreiche Modifizierungen und Veränderungen möglich. Daneben umfaßt die Erfindung auch das zugehörige Verfahren zur Steuerung der verschiedenen Teile der erfindungsgemäßen Vier-  
radlenkung.

#### Patentansprüche

1. Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern, welche eine hydraulische Betätigungseinrichtung zum Lenken der Hinterräder sowie eine Lenksteuereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zur Betätigung der hydraulischen Betätigungseinrichtung dahingehend aufweist, daß die Lenkung der Hinterräder in gleicher Richtung wie bei den Vorderrädern oder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lenksteuereinrichtung eine phasengleiche Lenksteuereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zum Lenken der Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder entsprechend dem jeweiligen Einschlagzustand der Vorderräder aufweist, sowie eine parallel zur phasengleichen Lenksteuereinrichtung vorhandene gegenphasige Lenksteuereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zum Lenken der Hinterräder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeit, mit der sich der Einschlagzustand der Vorderräder verändert, und daß die hydraulische Betätigungseinrichtung (90) so aufgebaut ist, daß die hydraulischen Ausgangsdrücke zusammen die phasengleiche und gegenphasige Lenksteuereinrichtung bilden und die Lenkung der Hinterräder entsprechend dem kombinierten Ausgangsdruck bewirken.
2. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Betätigungseinrichtung (90) einen mit den Hinterrädern verbundenen Kolben (95) zur Aufnahme der hydraulischen Ausgangsdrücke von der phasengleichen und gegenphasigen Lenksteuereinrichtung in entgegengesetzten Richtungen aufweist, welche im Ansprechen auf die Differenz zwischen den hydraulischen Ausgangsdrücken wirksam wird.
3. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Betätigungseinrichtung (90) ein Paar erster Hydraulikkammern (97L, 97R) zur Aufnahme des hydraulischen Ausgangsdrucks von der phasengleichen Lenksteuereinrichtung und ein Paar zweiter Hydraulikkammern (92L, 92R) zur Aufnahme des hydraulischen Ausgangsdrucks von der gegenphasigen Lenksteuereinrichtung aufweist.
4. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Querschnittsfläche jeder der beiden zweiten Hydraulikkammern (92L, 92R) kleiner ist als bei den ersten Hydraulikkammern (97L, 97R).
5. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hydraulische Betäti-

gungseinrichtung (90) einen Zylinder (94) mit einem dicken Abschnitt und mit dünnen Abschnitten beiderseits des dicken Abschnitts aufweist, sowie einen Kolben (95) mit einem ersten Kolbenabschnitt (95a), der gleitend im dicken Abschnitt angeordnet ist, und ein Paar zweite Kolbenabschnitte (95), die gleitend in den dünnen Abschnitten angeordnet sind, wobei die ersten Hydraulikkammern (97L, 97R) auf beiden Seiten des ersten Kolbenabschnitts im dicken Abschnitt ausgebildet sind, während die zweiten Hydraulikkammern (92L, 92R) auf beiden Seiten der zweiten Kolbenabschnitte in den dünnen Abschnitten vorgesehen sind.

6. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin eine Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang und zur Unterstützung bei der Lenkung der Vorderräder (1a, 1b) entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck aufweist, und daß die gegenphasige Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Erhöhung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend dem jeweiligen Anstieg der Veränderungsgeschwindigkeit in dem von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdruck aufweist.

7. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem eine Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang und zur Unterstützung bei der Lenkung der Vorderräder (1a, 1b) entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck aufweist, und daß die phasengleiche Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Erhöhung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend dem jeweiligen Anstieg des von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdrucks aufweist.

8. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gegenphasige Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Verringerung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend einem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs aufweist.

9. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die phasengleiche Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Erhöhung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend einem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs aufweist.

10. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die phasengleiche und die gegenphasige Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Erhöhung eines Quotienten aus dem Flüssigkeitsausgangsdruck aus der phasengleichen Lenksteuereinrichtung und dem Flüssigkeitsausgangsdruck der gegenphasigen Lenksteuereinrichtung entsprechend einem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs aufweist.

11. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang und zur Unterstützung bei der Lenkung der Vorderräder (1a, 1b) entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck vorgesehen ist, und daß die phasengleiche Lenksteuereinrichtung (98) die folgenden Einrichtungen aufweist:

— eine Pumpeinrichtung (105) zur Förderung



einer der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs entsprechenden Ölmenge, sowie

– eine Schiebeventileinrichtung (98) mit einem Hülsenkörper (221), der so angeordnet ist, daß er den von der Servolenkeinrichtung als Vorsteuerdruck erzeugten Flüssigkeitsdruck aufnimmt und unter dessen Einfluß so verschiebbar ist, daß dadurch die Größe des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend der Verschiebung des Hülsenkörpers und in Abhängigkeit von der von der Pumpeinrichtung abgegebenen Ölmenge steuerbar ist.

12. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang und zur Unterstützung bei der Lenkung der Vorderräder (1a, 1b) entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck vorgesehen ist, und daß die gegenphasige Lenksteuereinrichtung die folgenden Einrichtungen aufweist:

– eine Ölpumpeinrichtung (131) zur Abgabe eines vorgegebenen Flüssigkeitsdrucks, sowie  
– eine Steuerventileinrichtung (100, 160) mit einem ersten Ventilelement (110), das als Vorsteuerdruck den von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdruck übernimmt und unter dessen Einfluß verschiebbar ist, mit einem zweiten Ventilelement (114), einer Vorspanneinrichtung (115, 116) zum Vorspannen des zweiten Ventilelements in der Weise, daß es dem ersten Ventilelement folgt, mit einem Paar Druckräume (117, 118), deren Volumen sich entsprechend der Verschiebung des zweiten Ventilelements verändert, mit einer Verbindungsleitung (142), die mit dem Paar Druckräume in Verbindung steht, und mit einer veränderlichen Drosseleinrichtung (141), die in der Verbindungsleitung angeordnet ist und deren Drosselöffnungsgröße sich entsprechend einem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs verringert, wobei die Steuerventileinrichtung den Flüssigkeitsdruck von der Ölpumpeinrichtung übernimmt und einen Flüssigkeitsdruck entsprechend einer relativen Verschiebung zwischen dem ersten und dem zweiten Ventilelement abgibt.

13. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin eine Voreil-Lenkeinrichtung (14) zur Erhöhung des Einschlagwinkels der Vorderräder entsprechend dem Flüssigkeitsausgangssignal der gegenphasigen Lenksteuereinrichtung vorgesehen ist.

14. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin ein Lenkrad (17) zum Lenken der Vorderräder vorgesehen ist, sowie eine Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang des Lenkrads und zur Unterstützung beim Lenken der Vorderräder entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck, und daß die Voreil-Lenkeinrichtung (14) zwischen dem Lenkrad und der Servolenkeinrichtung angeordnet ist.

15. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lenkrad (17) zum Lenken der Vorderräder vorgesehen ist, und daß die Voreil-Lenkeinrichtung (14) die folgenden Einrichtungen aufweist:

– ein erstes Planetengetriebe (21) mit einem ersten Sonnenrad (25), das sich zusammen mit dem Lenkrad dreht, mit einem ersten Hohlrad (26), das um das Sonnenrad herum angeordnet ist, und mit einer Vielzahl erster Planetenräder (27), die zwischen dem ersten Sonnenrad und dem ersten Hohlrad in Eingriff stehen;

– ein zweites Planetengetriebe (22) mit einer Vielzahl zweiter Planetenräder (31), die sich zusammen mit den ersten Planetenrädern drehen, mit einem zweiten Sonnenrad (28), das mit den zweiten Planetenrädern in Eingriff steht und die Drehbewegung als Lenkkraft auf die Vorderräder überträgt, und mit einem zweiten Hohlrad (29), das mit den zweiten Planetenrädern in Eingriff steht, wobei das erste oder das zweite Hohlrad unbeweglich gehalten ist, während das andere drehbar gelagert ist, sowie

– eine Betätigungseinrichtung (23) zum Drehen des anderen Hohlrades zur Veränderung des Übersetzungsverhältnisses der Voreil-Lenkeinrichtung.

16. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung (23) ein erstes Ventilelement (53) zur Übernahme des Flüssigkeitsausgangsdrucks von der gegenphasigen Lenksteuereinrichtung als Vorsteuerdruck und zur Verlagerung nach Eingang des Vorsteuerdrucks aufweist, sowie ein zweites, mit dem anderen Hohlrad gekoppeltes und relativ zum ersten Ventilelement verschiebliches zweites Ventilelement (60, 68, 69), und eine Einrichtung zur Beaufschlagung des zweiten Ventilelements mit einem Flüssigkeitsdruck, der das zweite Ventilelement veranlaßt, der Verschiebung des ersten Ventilelements entsprechend einer relativen Verschiebung zwischen dem ersten und dem zweiten Ventilelement zu folgen.

17. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gegenphasige Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung zur Erzeugung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend der jeweiligen Lenkgeschwindigkeit der Vorderräder aufweist.

18. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin eine Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorgang und zur Unterstützung bei der Lenkung der Vorderräder entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck aufweist, und daß die phasengleiche Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung (98) zur Übernahme des von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdrucks als Vorsteuerdruck zur Steuerung des Flüssigkeitsausgangsdrucks aufweist, und daß ferner die gegenphasige Lenksteuereinrichtung eine Einrichtung (171) zur Erfassung der Lenkgeschwindigkeit der Vorderräder sowie eine Einrichtung (160, 161, 200) zur elektronischen Steuerung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend einem von der Erfassungseinrichtung eingehenden Signal aufweist.

19. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lenkrad (17) und ein Lenkungsmechanismus (9) zum Lenken der Vorderräder entsprechend dem Einschlagzustand des Lenkrads vorgesehen sind, und daß die gegenphasige Lenksteuereinrichtung die folgenden Einrichtungen

tungen aufweist:

- eine Hydraulikkupplung (182) mit einem mit dem Lenkungsmechanismus für die Vorderräder gekoppelten Eingangsteil, das sich mit diesem Mechanismus dreht, und mit einem Ausgangsteil (187), das sich nach Drehung des Eingangsteils dreht, sowie
- eine Ventileinrichtung (181), die mit dem Ausgangsteil der Hydraulikkupplung verbunden ist und den Flüssigkeitsausgangsdruck entsprechend der Drehbewegung des Ausgangsteils steuert.

20. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gegenphasige Lenksteinereinrichtung einen Druckzylinder (210) mit einem Paar Druckräume (212a, 212b), deren Volumen sich entsprechend der Lenkbewegung der Vorderräder (1a, 1b) verändert, sowie eine Einrichtung (214) aufweist, welche eine Verbindung zwischen dem Paar Druckräume über eine Drossel (213) herbeiführt, und eine Steuerventileinrichtung (100) zur Steuerung des Flüssigkeitsausgangsdrucks entsprechend einer Druckdifferenz zwischen den paarweisen Druckräumen.

21. Vierradlenkvorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Drossel eine veränderliche Drossel (217) ist, deren Drosselöffnungsweite sich entsprechend einem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs verringert.

22. Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern, welche eine Servolenkeinrichtung (6) zur Erzeugung eines Flüssigkeitsdrucks entsprechend dem jeweiligen Lenkvorang und zur Unterstützung beim Steuern der Vorderräder entsprechend dem erzeugten Flüssigkeitsdruck aufweist, sowie eine Einrichtung zum Erzeugen eines Flüssigkeitsdrucks, eine hydraulische Betätigungseinrichtung zum Lenken der Hinterräder, sowie eine Lenksteinereinrichtung zur Erzeugung eines hydraulischen Ausgangsdrucks zur Betätigung der hydraulischen Betätigungseinrichtung dahingehend, daß die Lenkung der Hinterräder in gleicher Richtung wie bei den Vorderrädern oder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung erfolgt, dadurch gekennzeichnet,

daß die Einrichtung zum Erzeugen eines Flüssigkeitsdrucks eine erste und eine zweite Flüssigkeitsdruckquelle (105, 131) aufweist; daß die Lenksteinereinrichtung eine phasengleiche Lenksteinereinrichtung aufweist, welche mit der ersten Flüssigkeitsdruckquelle und der Servolenkeinrichtung verbunden ist und entsprechend dem von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdruck einen Flüssigkeitsdruck abgibt, der von der ersten Flüssigkeitsdruckquelle als erster Flüssigkeitsausgangsdruck zum Lenken der Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder zugeführt wird, und

daß die Lenksteinereinrichtung eine gegenphasige Lenksteinereinrichtung aufweist, welche mit der zweiten Flüssigkeitsdruckquelle und der Servolenkeinrichtung verbunden ist und entsprechend dem von der Servolenkeinrichtung erzeugten Flüssigkeitsdruck einen Flüssigkeitsdruck abgibt, der von der zweiten Flüssigkeitsdruckquelle als zweiter Flüssigkeitsausgangsdruck zum Lenken der Hinterräder in einer zur Einschlagrichtung der Vorder-

räder entgegengesetzten Richtung zugeführt wird, und

daß ferner die hydraulische Betätigungseinrichtung (90) mit der phasengleichen und der gegenphasigen Lenksteinereinrichtung so verbunden ist, daß der erste und der zweite Flüssigkeitsausgangsdruck zusammen die phasengleiche und die gegenphasige Lenksteinereinrichtung bilden und die Hinterräder entsprechend diesem kombinierten Ausgangsdruck lenken.

23. Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern, welche eine Einrichtung zum Erzeugen eines Flüssigkeitsdrucks, eine hydraulische Betätigungseinrichtung zum Lenken der Hinterräder, sowie eine Lenksteinereinrichtung aufweist, welche den hydraulischen Ausgangsdruck von der Druckerzeugungseinrichtung zur hydraulischen Betätigungseinrichtung in der Weise weiterleitet, daß die Lenkung der Hinterräder in gleicher Richtung wie bei den Vorderrädern oder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung erfolgt, dadurch gekennzeichnet,

daß die Druckerzeugungseinrichtung eine erste und eine zweite Flüssigkeitsdruckquelle (105, 131) aufweist;

daß die Betätigungseinrichtung ein erstes hydraulisches Betätigungsorgan (95a, 97L, 97R) und ein zweites hydraulisches Betätigungsorgan (92L, 92R, 95b) aufweist;

daß die Lenksteinereinrichtung eine phasengleiche Lenksteinereinrichtung aufweist, welche zwischen der ersten Flüssigkeitsdruckquelle und dem ersten hydraulischen Betätigungsorgan so angeordnet ist, daß sie den Flüssigkeitsdruck von der ersten Flüssigkeitsdruckquelle zum ersten hydraulischen Betätigungsorgan so weiterleitet, daß die Lenkung der Hinterräder phasengleich mit den Vorderrädern entsprechend dem jeweiligen Einschlagzustand derselben erfolgt, und

daß die Lenksteinereinrichtung eine gegenphasige Lenksteinereinrichtung aufweist, welche zwischen der zweiten Flüssigkeitsdruckquelle und dem zweiten hydraulischen Betätigungsorgan so angeordnet ist, daß sie den Flüssigkeitsdruck von der zweiten Flüssigkeitsdruckquelle zum zweiten hydraulischen Betätigungsorgan so weiterleitet, daß die Lenkung der Hinterräder gegenphasig zu den Vorderrädern entsprechend der jeweiligen Geschwindigkeit erfolgt, mit welcher sich der Lenkzustand der Vorderräder verändert.

24. Vierradlenkvorrichtung für Fahrzeuge mit lenkbaren Vorder- und Hinterrädern, welche eine Einrichtung zum Erzeugen eines Flüssigkeitsdrucks, eine hydraulische Betätigungseinrichtung zum Lenken der Hinterräder, sowie eine Lenksteinereinrichtung aufweist, welche den hydraulischen Ausgangsdruck von der Druckerzeugungseinrichtung zur hydraulischen Betätigungseinrichtung in der Weise weiterleitet, daß die Lenkung der Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder oder in einer zur Einschlagrichtung der Vorderräder entgegengesetzten Richtung erfolgt, dadurch gekennzeichnet,

daß die Druckerzeugungseinrichtung eine erste und eine zweite Flüssigkeitsdruckquelle (105, 131) aufweist;

daß die Betätigungseinrichtung ein erstes hydraulisches

sches Betätigungsorgan (95a, 97L, 97R) und ein  
zweites hydraulisches Betätigungsorgan (92L, 92R,  
95b) aufweist;  
daß zur Korrektur eines Einschlagwinkels der Vor-  
derräder eine Steuereinrichtung (14) vorgesehen 5  
ist, welche im Übersetzungsverhältnis für die Len-  
kung veränderlich ist;  
daß die Lenksteuereinrichtung eine phasengleiche  
Lenksteuereinrichtung aufweist, welche zwischen 10  
der ersten Flüssigkeitsdruckquelle (105) und dem  
ersten hydraulischen Betätigungsorgan so ange-  
ordnet ist, daß sie den Flüssigkeitsdruck von der  
ersten Flüssigkeitsdruckquelle zu dem ersten hy-  
draulischen Betätigungsorgan so weiterleitet, daß 15  
die Lenkung der Hinterräder phasengleich mit den  
Vorderrädern entsprechend dem jeweiligen Ein-  
schlagzustand der Vorderräder erfolgt, und  
daß die Lenksteuereinrichtung eine gegenphasige  
Lenksteuereinrichtung aufweist, welche zwischen 20  
der zweiten Flüssigkeitsdruckquelle und dem zwei-  
ten hydraulischen Betätigungsorgan und der im  
Übersetzungsverhältnis für die Lenkung veränder-  
lichen Steuereinrichtung so angeordnet ist, daß sie  
den Flüssigkeitsdruck von der zweiten Flüssigkeits- 25  
druckquelle zu dem zweiten hydraulischen Betäti-  
gungsorgan und zu der veränderlichen Steuerein-  
richtung so weiterleitet, daß die Lenkung der Hin-  
terräder entgegengesetzt zum Einschlag der Vor-  
derräder entsprechend der Geschwindigkeit er- 30  
folgt, mit der sich der Einschlagzustand der Vorder-  
räder verändert, während der Einschlagwinkel der  
Vorderräder entsprechend der Geschwindigkeit  
vergrößert wird, mit der sich der Einschlagzustand  
der Vorderräder verändert.

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

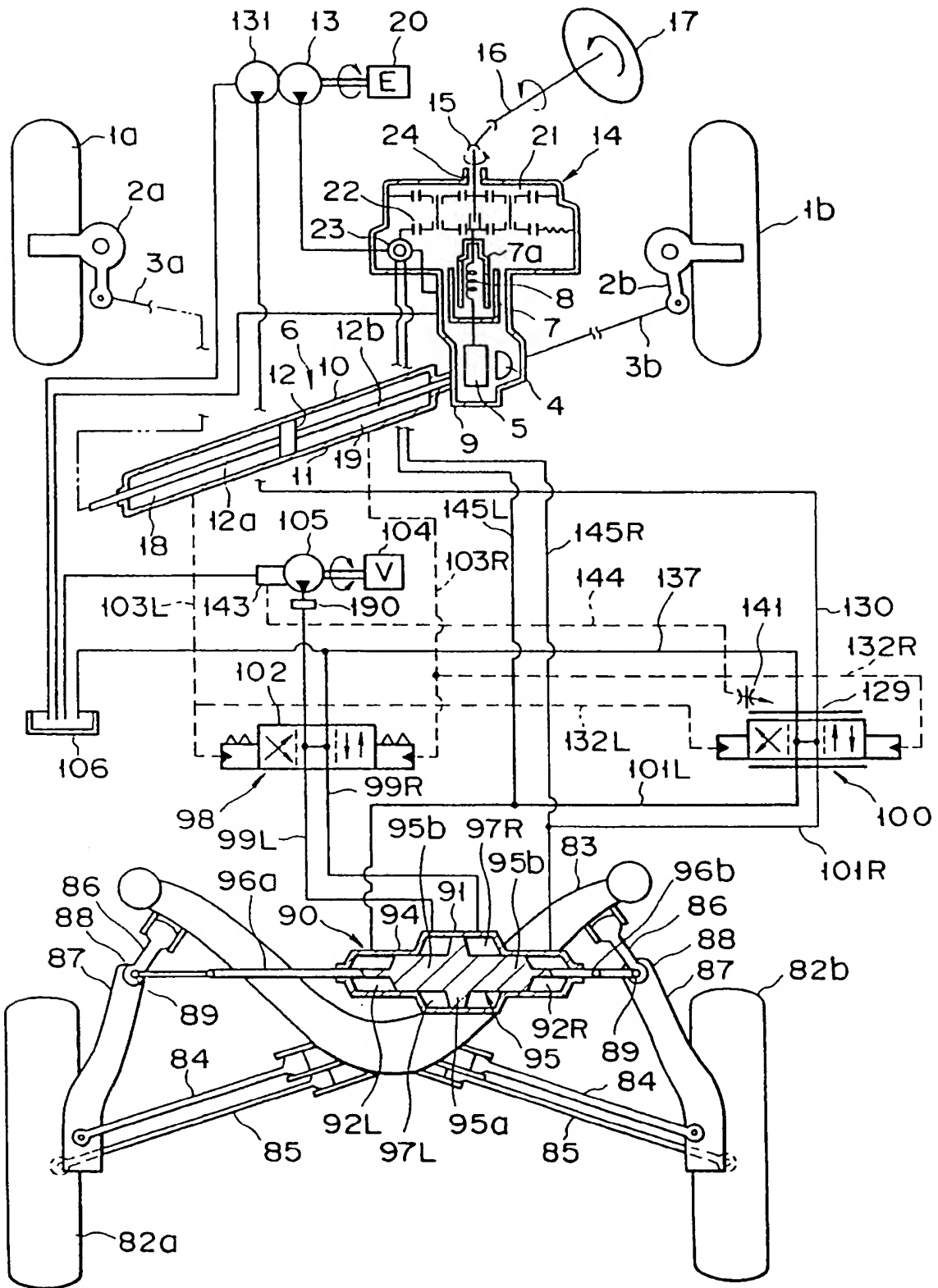


FIG. 1

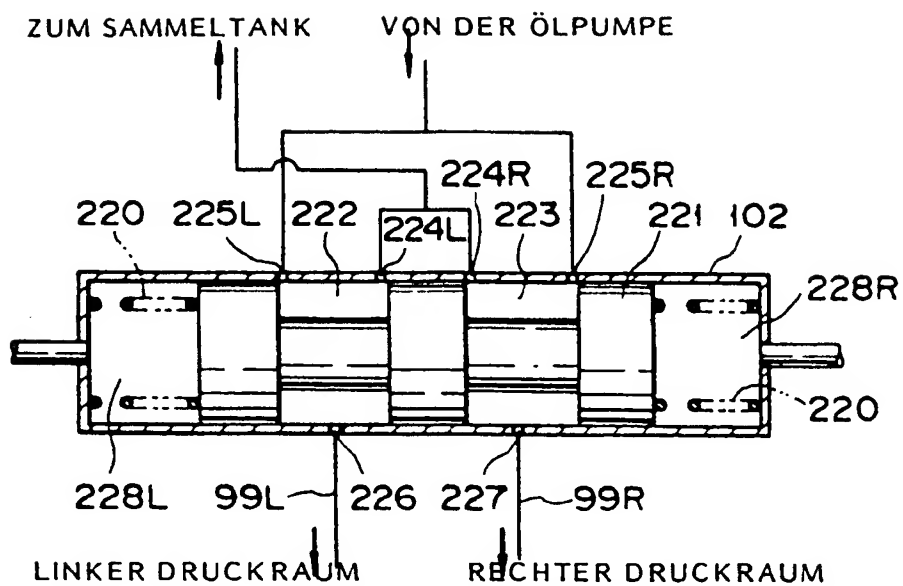


FIG. 2



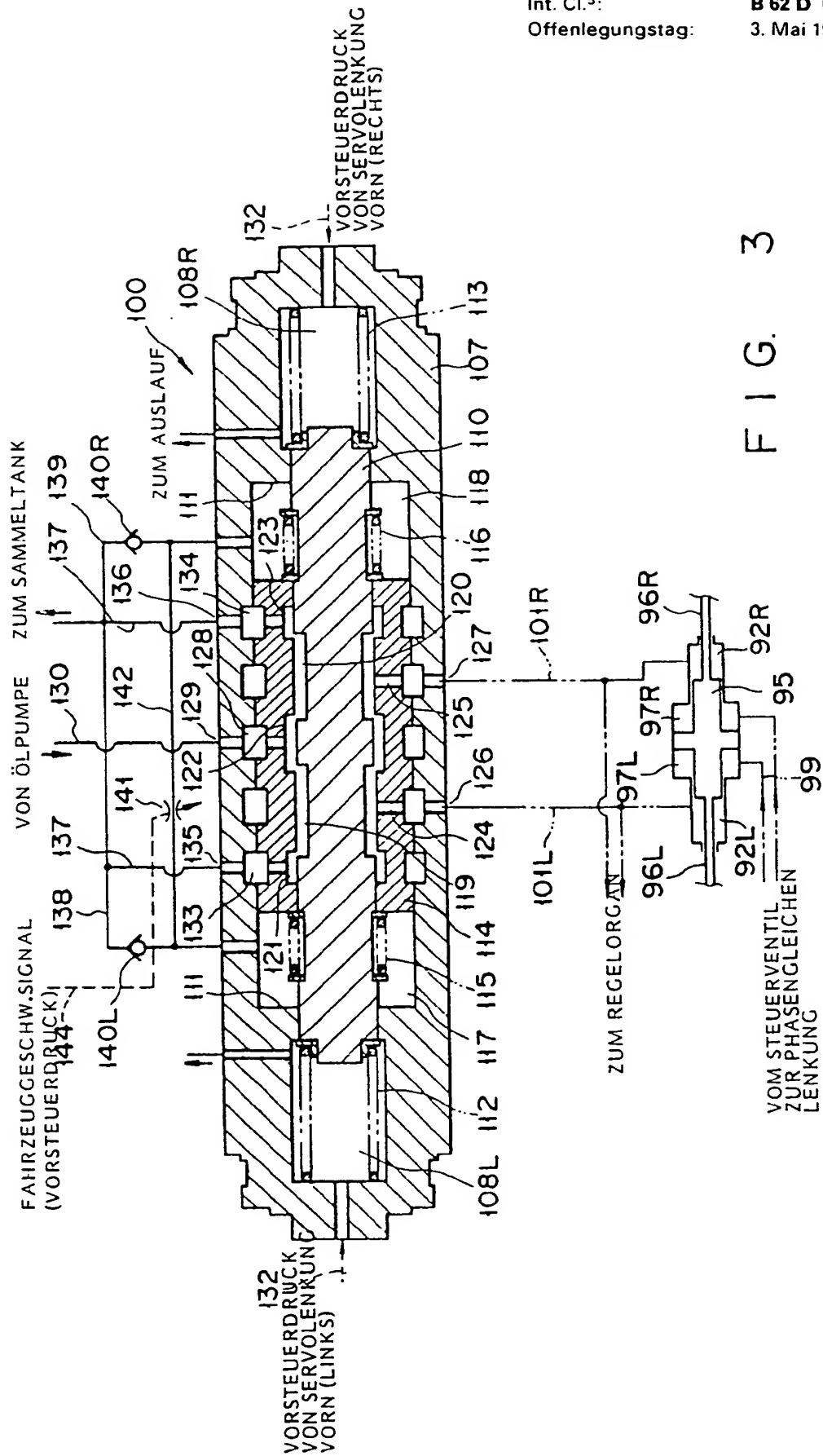


FIG. 3

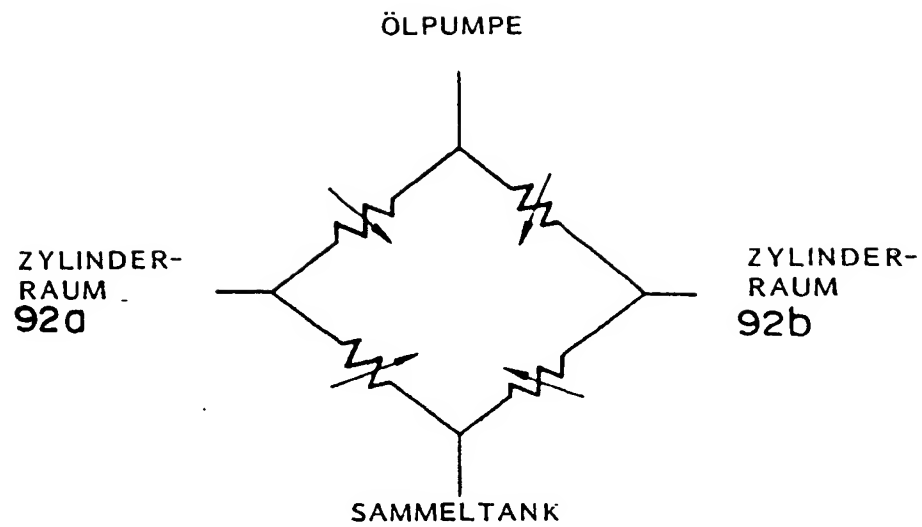


FIG. 4

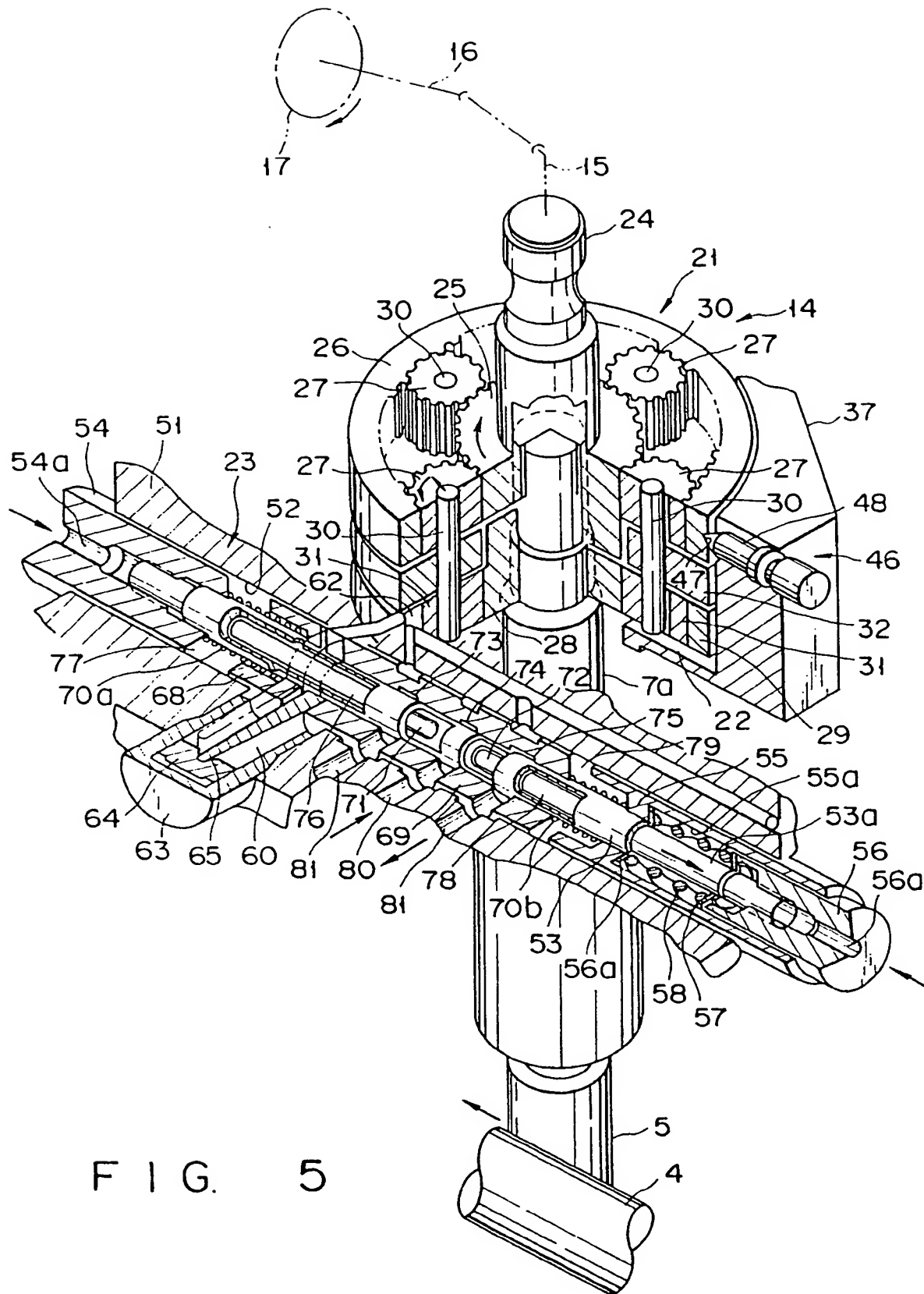


FIG. 5

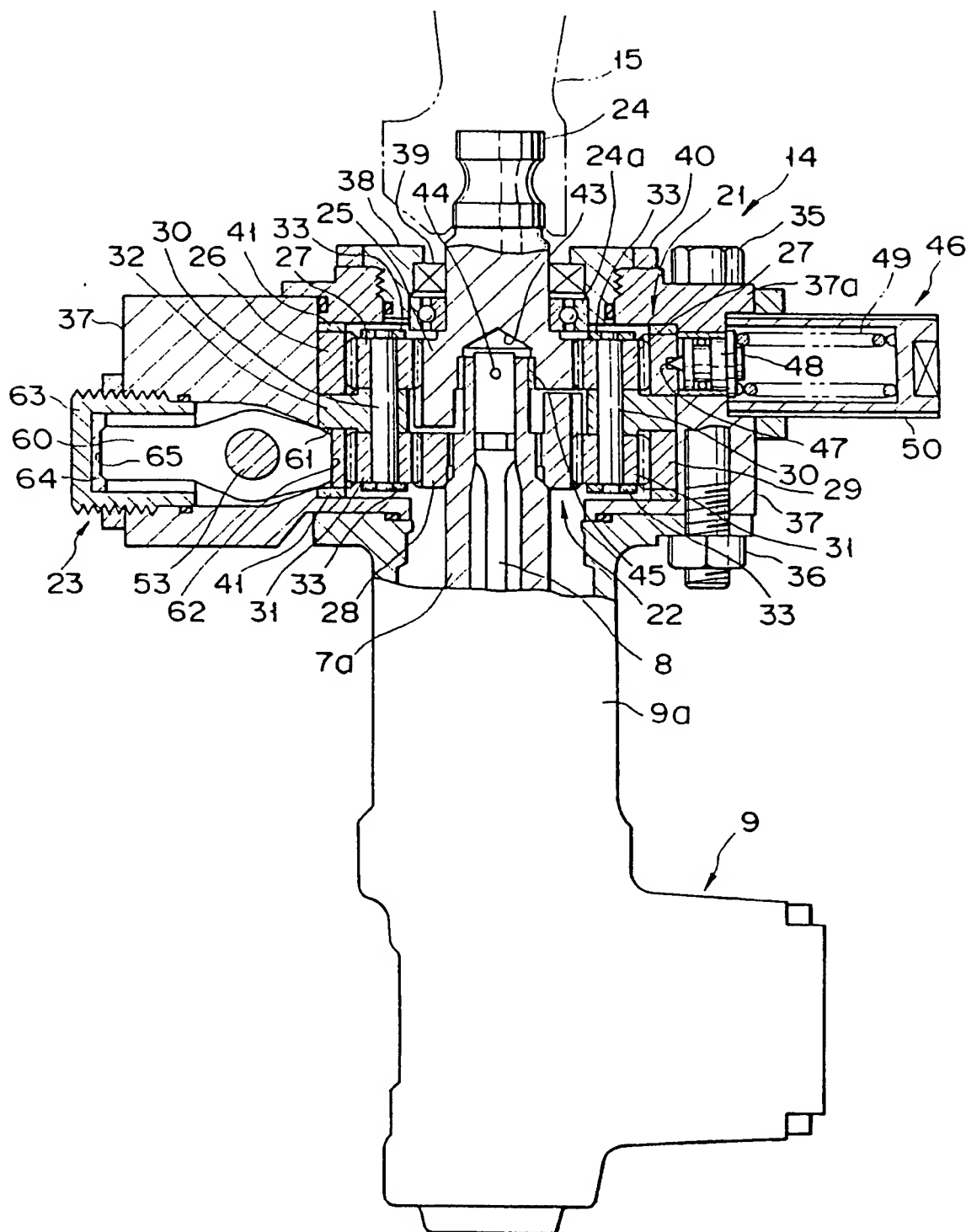


FIG. 6

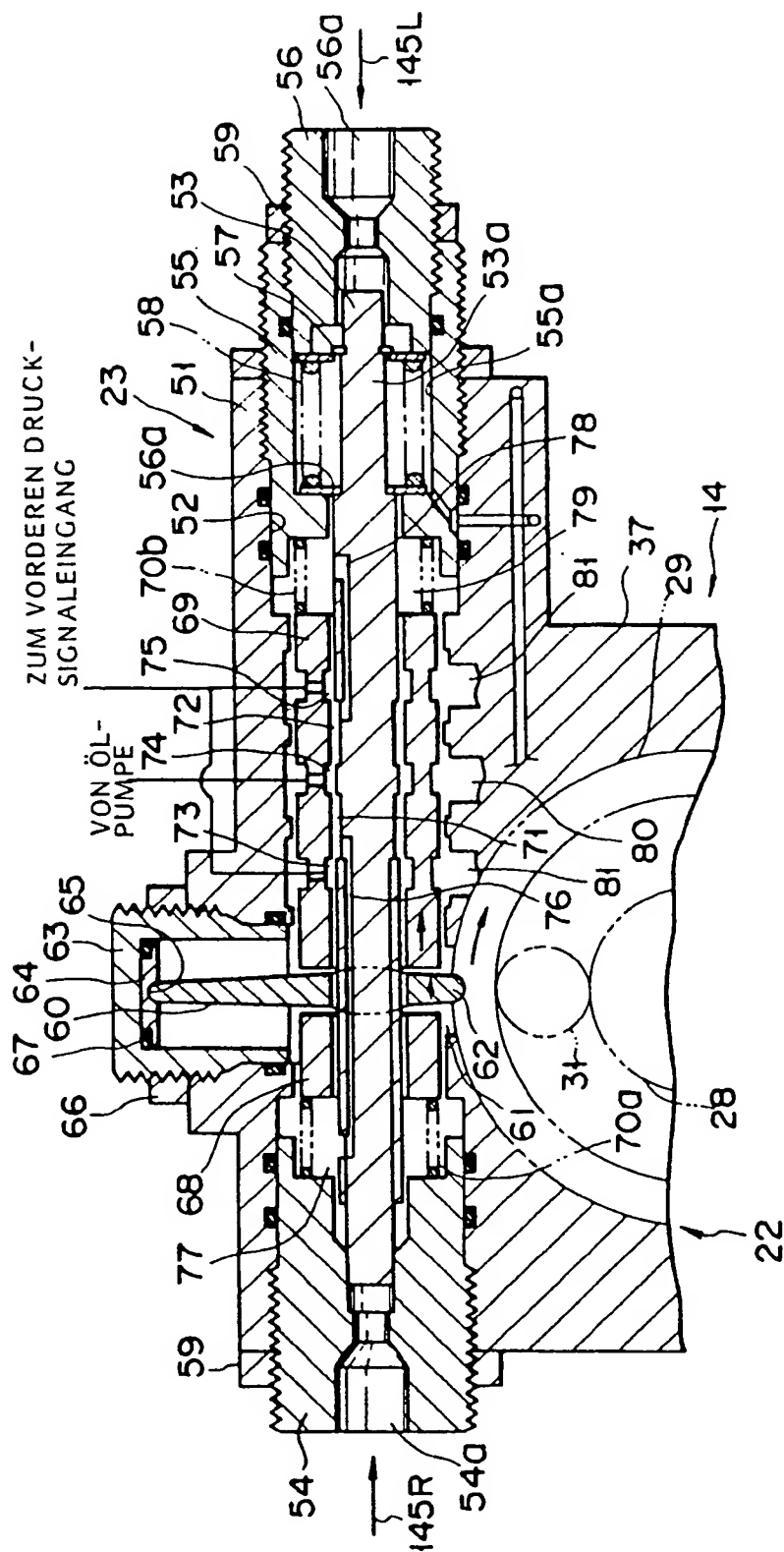


FIG. 7



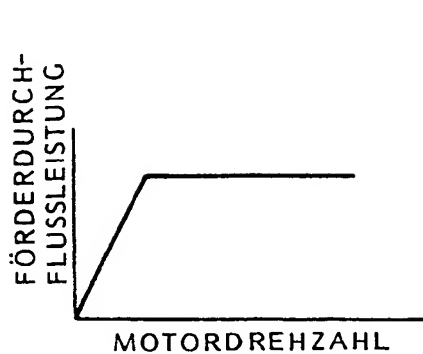


FIG. 8

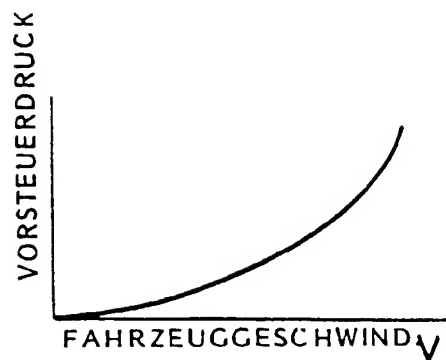


FIG. 9

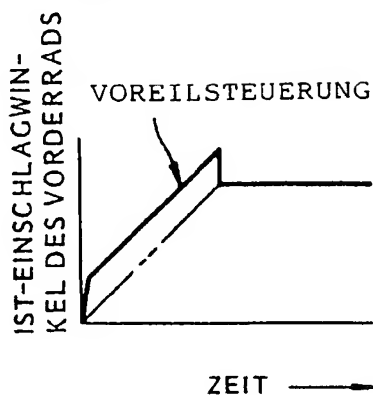


FIG. 10

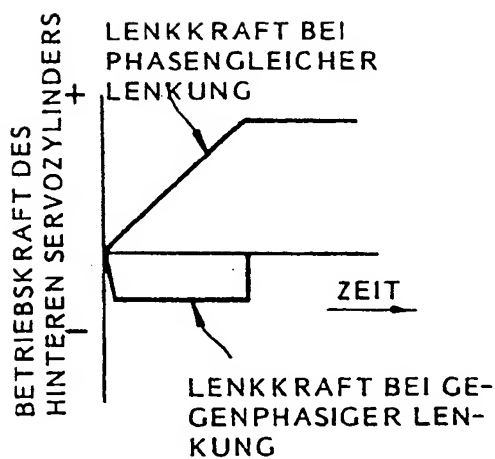


FIG. 11

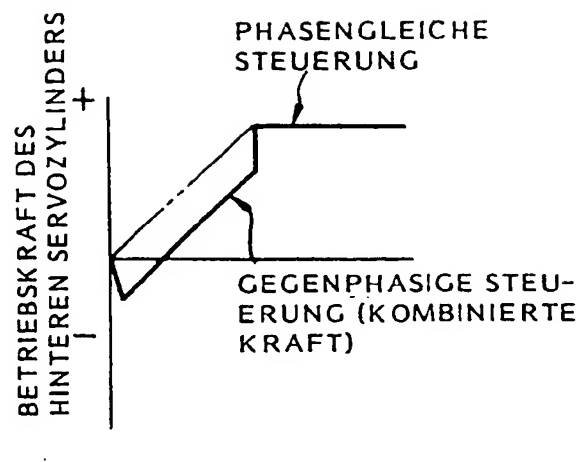


FIG. 12

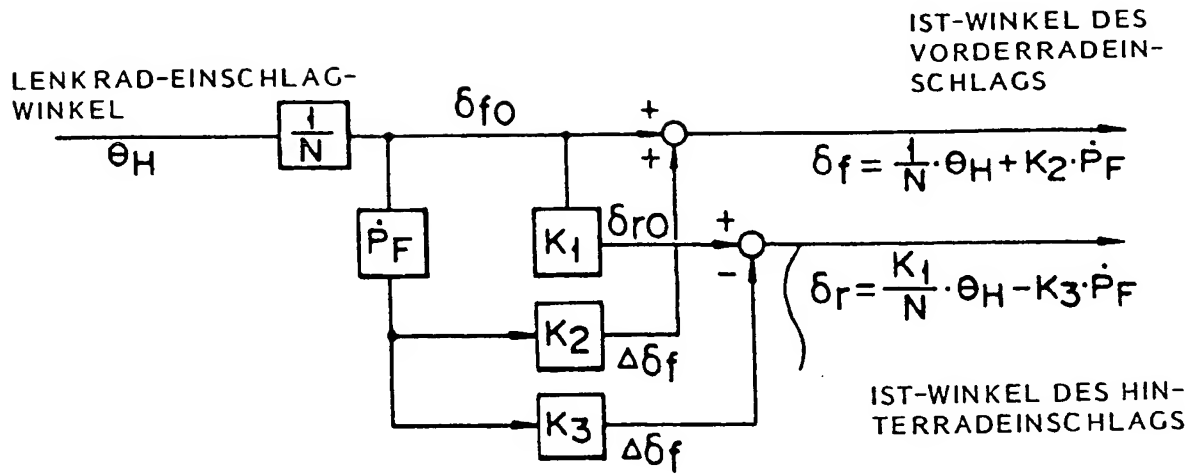


FIG. 13

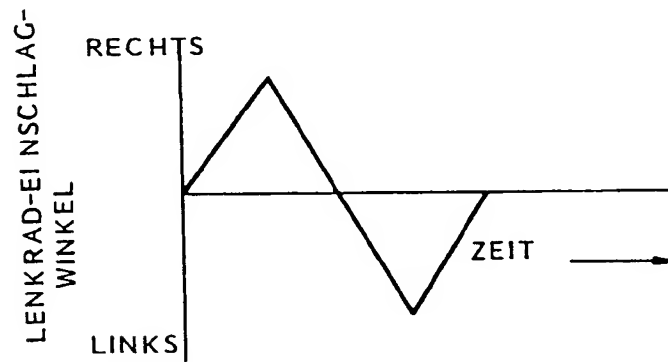


FIG. 14

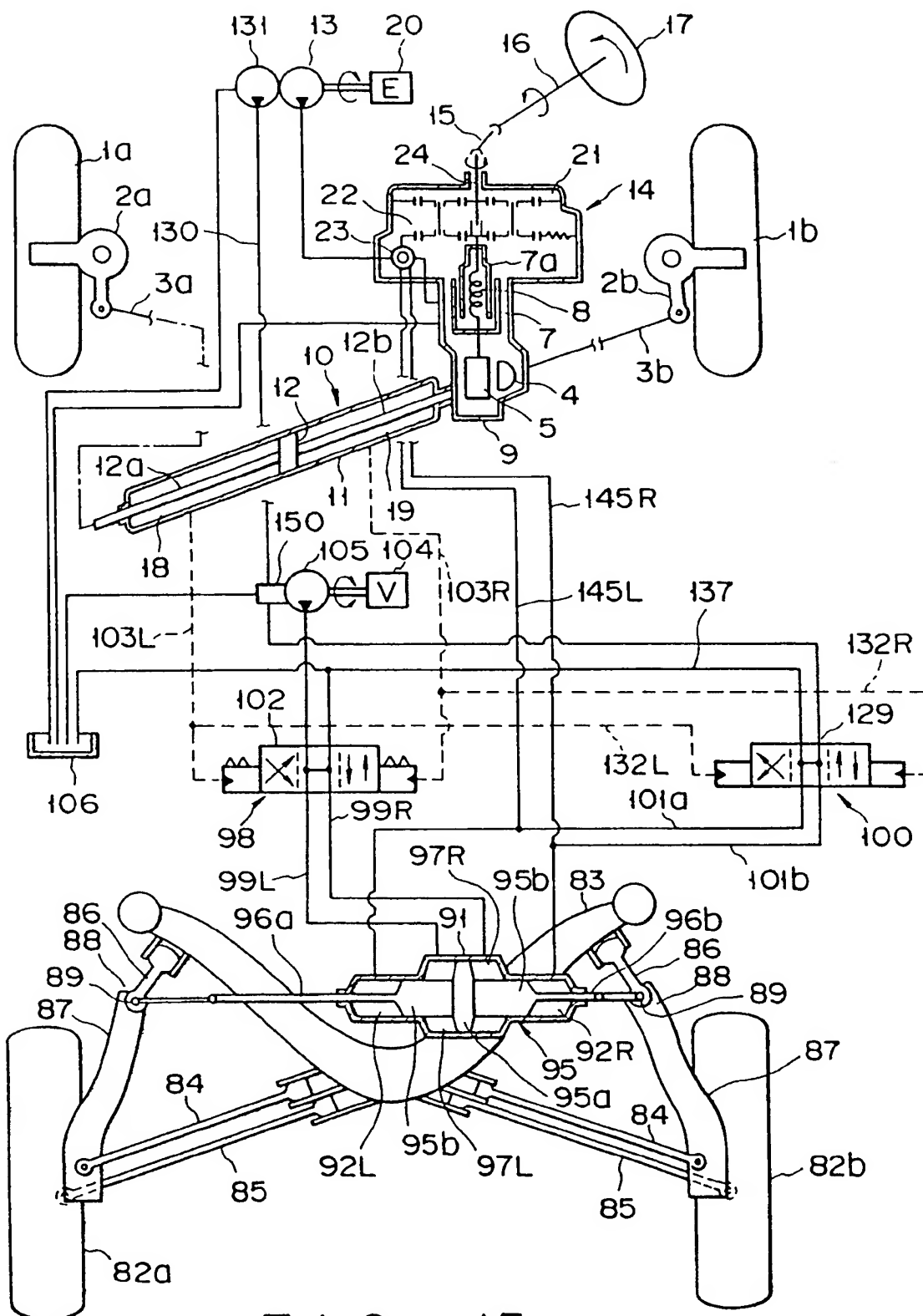


FIG. 15

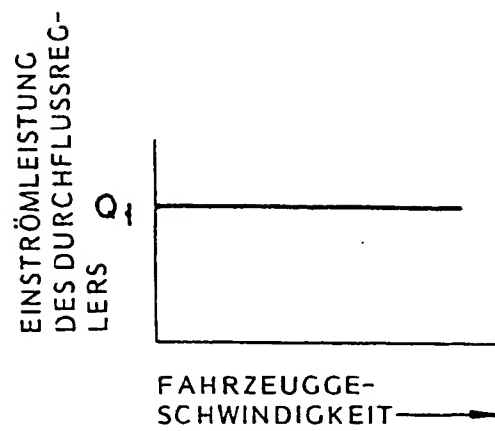


FIG. 16

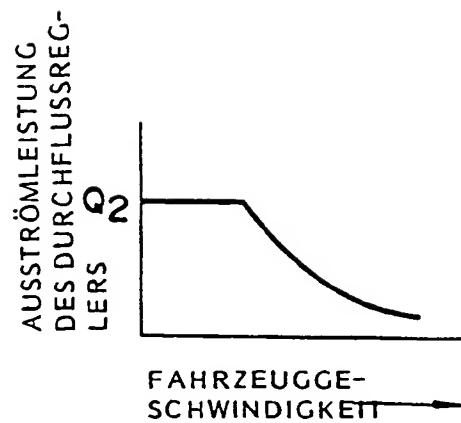


FIG. 17

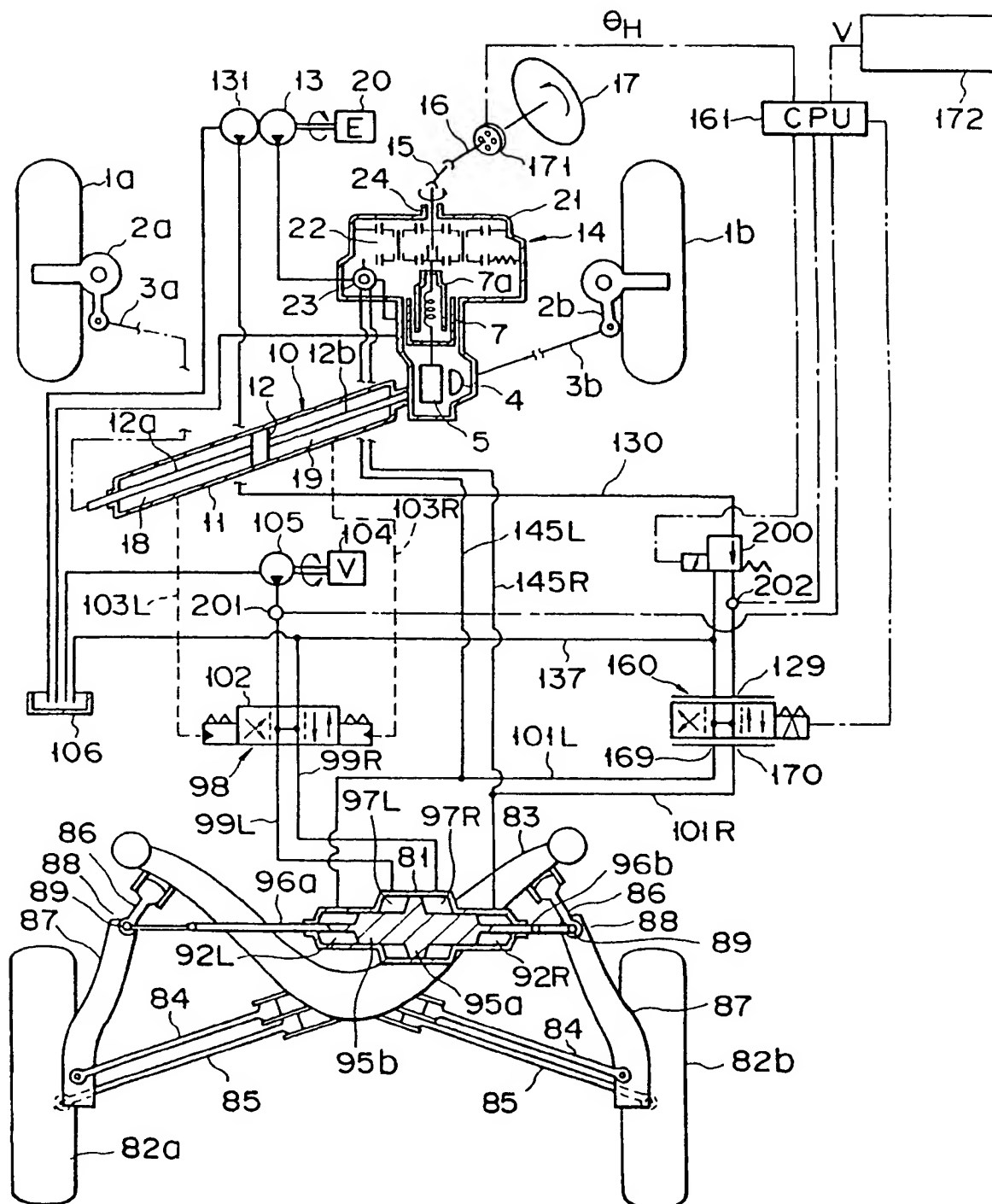


FIG. 18



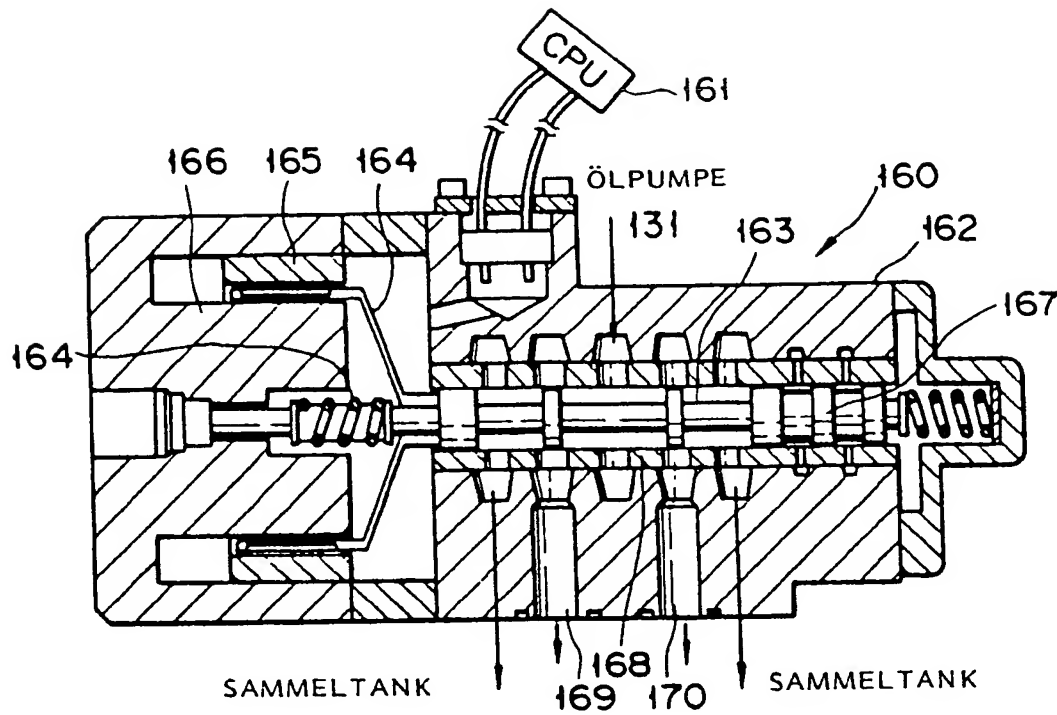


FIG. 19

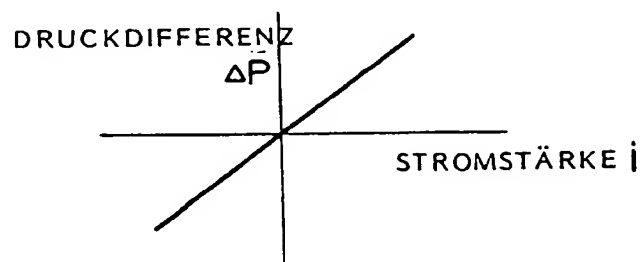


FIG. 20

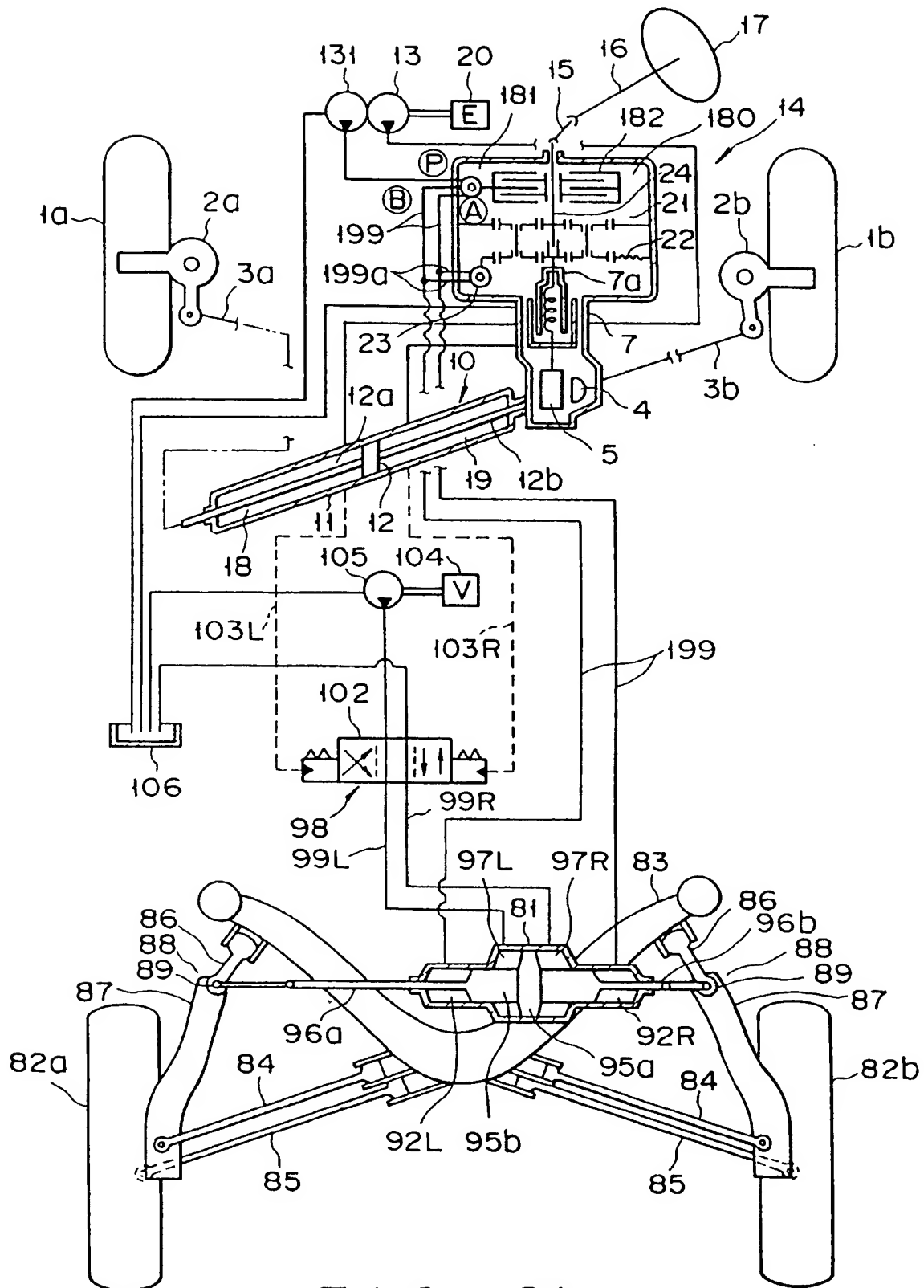


FIG. 21

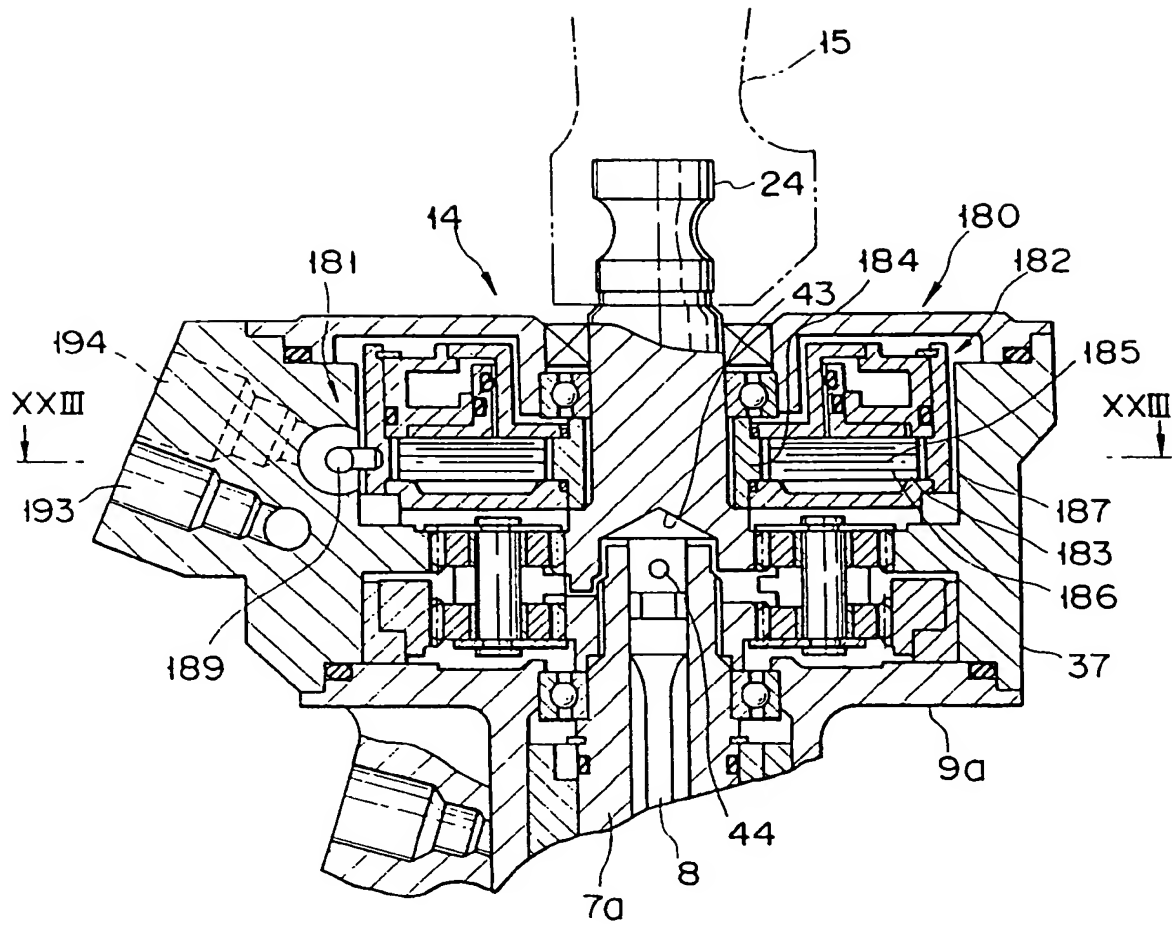


FIG. 22

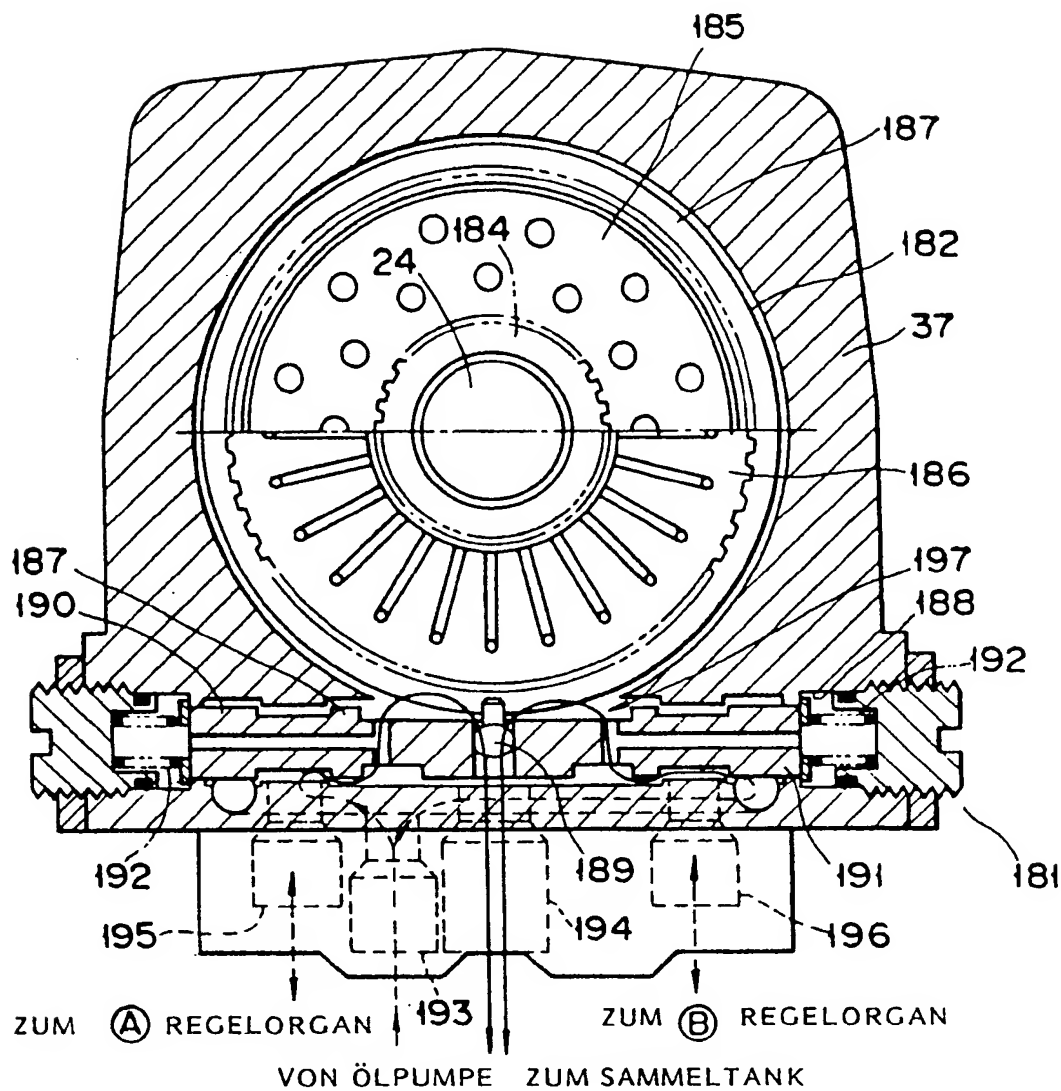


FIG. 23

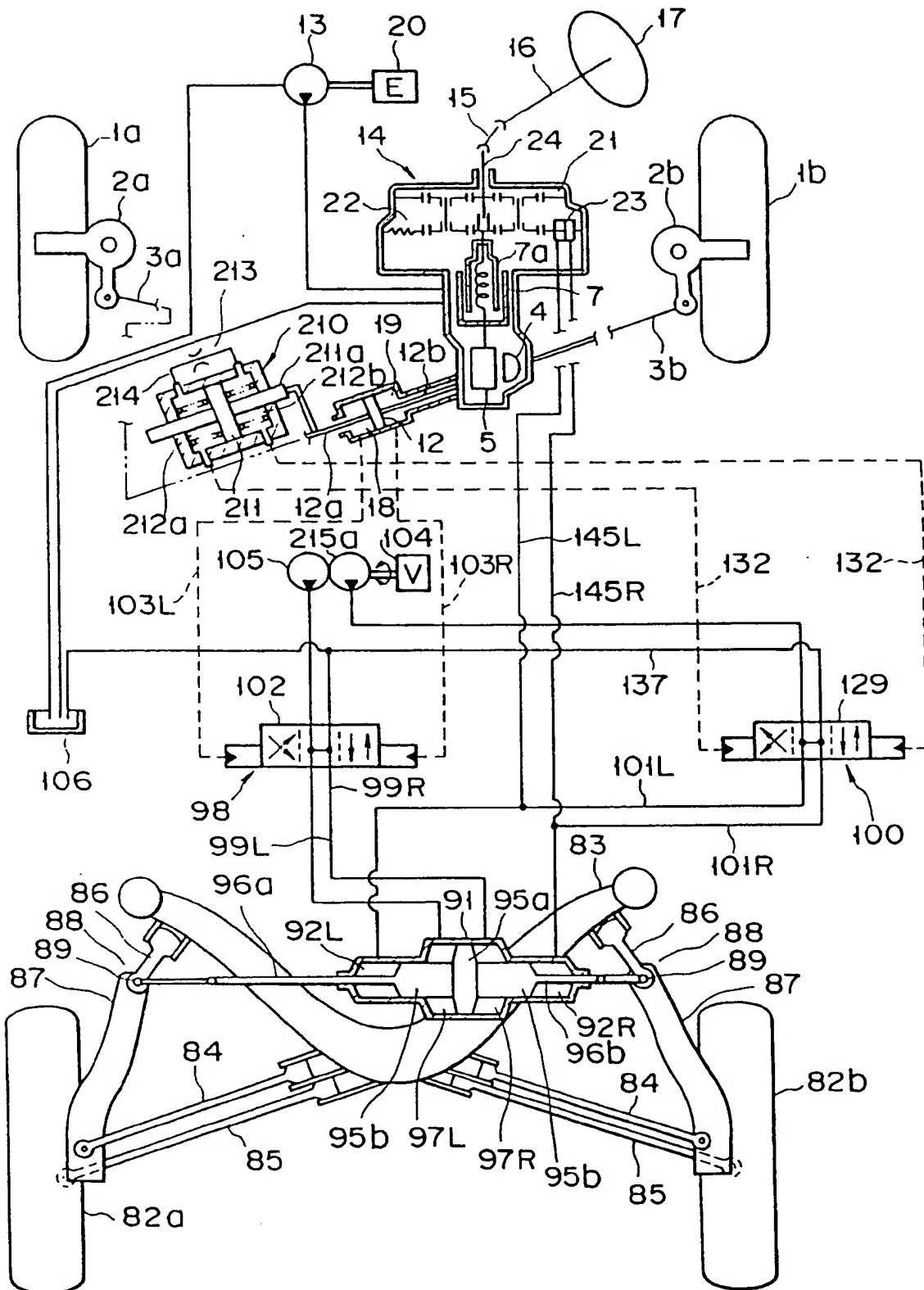
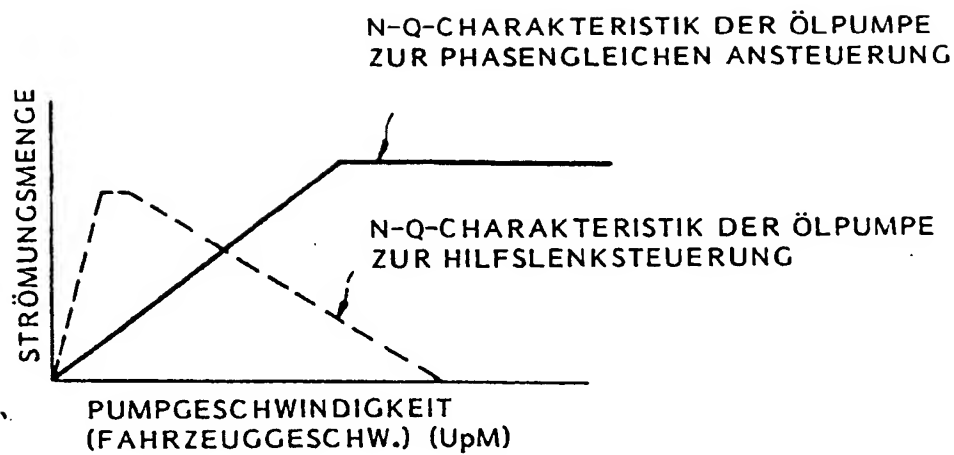


FIG. 24



F I G. 25

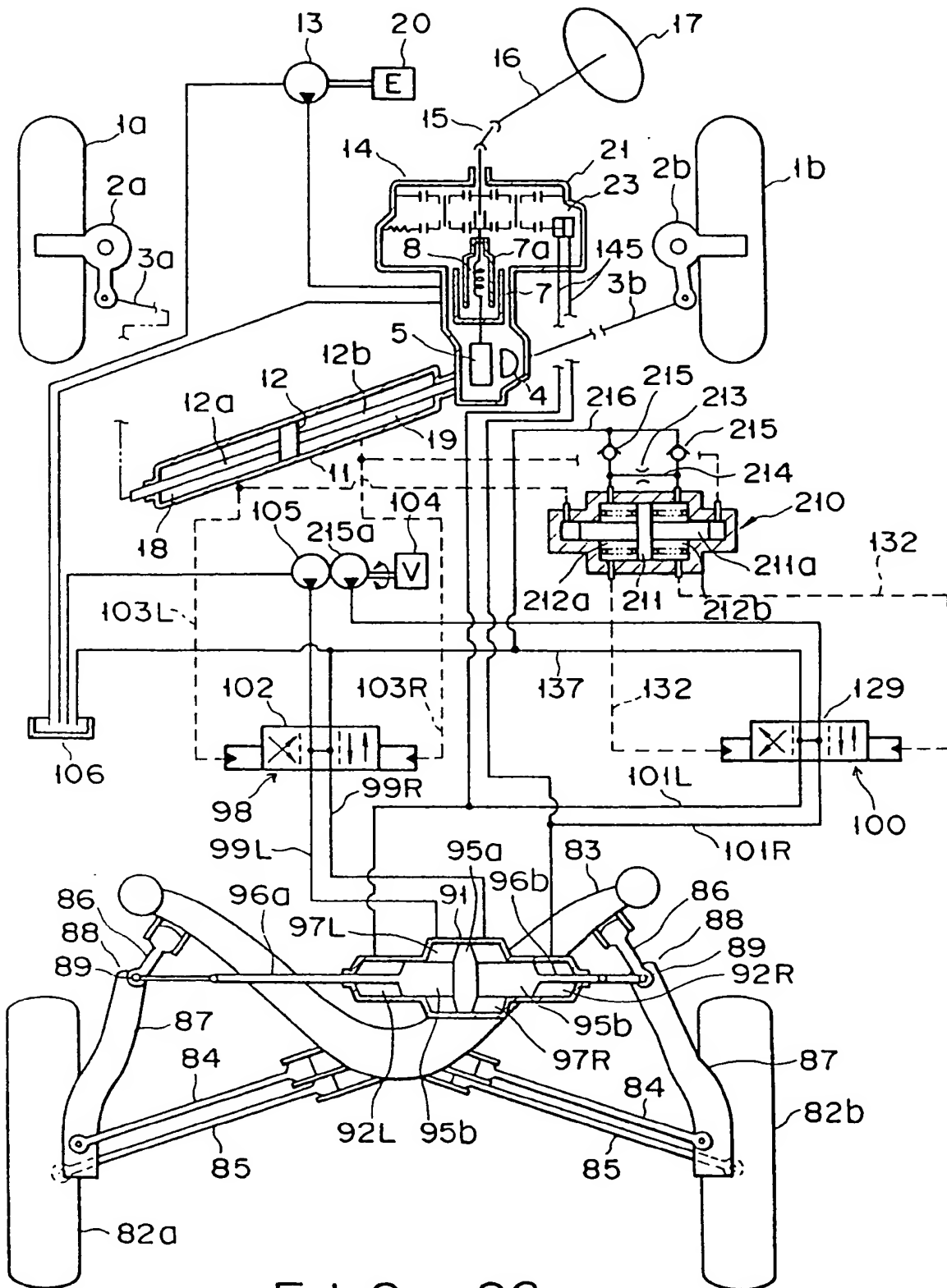


FIG. 26

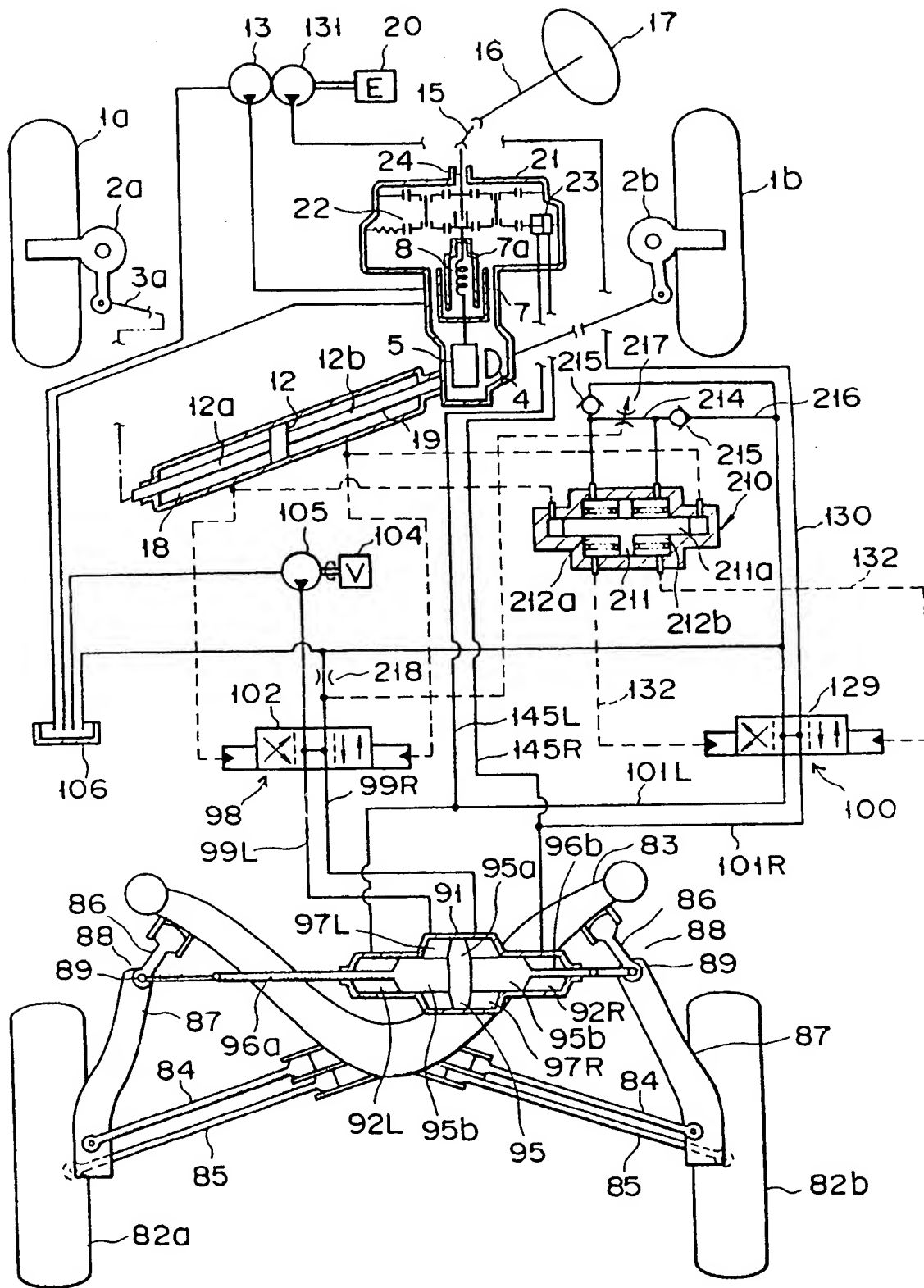


FIG. 27